

REVISTA CIENTÍFICA

# MUNDO TECNOLÓGICO

REVISTA MUNDO TECNOLÓGICO - ISSN 2238-2011 - V. 12 N. 14 JANEIRO/DEZEMBRO – 2020

**MULTIVIX**

SÃO MATEUS



**MUNDO**  
**TECNOLÓGICO**

ISSN 2238-2011

## **EXPEDIENTE**

**Publicação Semestral**

**ISSN 2238-2011**

**Temática: Tecnologia**

**Revisão Português**

Tereza Barbosa Rocha

## **Capa**

Marketing Faculdade Multivix São Mateus

Elaborada pela Bibliotecária Alexandra B. Oliveira CRB06/396

M965 Mundo Tecnológico/ Faculdade Multivix São Mateus – v.12, n.14, 2020 –  
São Mateus: MULTIVIX, 2020.

Semestral  
ISSN 2238-2011

1. Pesquisa acadêmica – periódicos. 2. Gestão. 3. Exatas. I. Faculdade  
Multivix São Mateus

CDD 001.891  
CDU: 001.891(05)

Os artigos publicados nesta revista são de inteira responsabilidade de seus autores e não refletem,  
necessariamente, os pensamentos dos editores.

Correspondências: Coordenação de Pesquisa e Extensão Faculdade Multivix São Mateus  
Rod. Othovarino Duarte Santos, 844, Resid. Parque Washington, São Mateus/ES | 29938-015

# MUNDO TECNOLÓGICO

**Faculdade Multivix São Mateus**  
**v. 12 n. 14 janeiro/dezembro – 2020 - Anual**

Diretor Geral  
Sandrélia Cerutti Carminati Grippa

Coordenadora Financeiro  
Amábile Marinato Camilo Marchi

Coordenadora Acadêmica  
Elen Karla Trés

Conselho Editorial  
Elen Karla Trés  
Josete Pertel  
Rafaella Rangel do Rosario

Assessoria Editorial  
Josete Pertel  
Mariana Lima de Jesus  
Pedro Junior Zucatelli  
Rafaella Rangel do Rosario

Assessoria Científica  
Elen Karla Trés  
Josete Pertel  
Mirelle Christine Corona  
Rafaella Rangel do Rosario  
Sandrélia Cerutti Carminati

## **EDITORIAL**

A revista científica Mundo Tecnológico é uma iniciativa da Faculdade Multivix São Mateus que possibilita a divulgação de artigos e resumos de contribuições relevantes para a comunidade científica das diversas áreas de estudo que abrange a Instituição. Portanto, trata-se de um veículo de publicação acadêmica semestral, cujo público-alvo são professores e alunos de graduação e pós-graduação.

Diante disso, a Instituição almeja que a revista científica Mundo Tecnológico contribua para o fomento contínuo da prática da investigação, e promova o crescimento educacional.

# MUNDO TECNOLÓGICO

## Sumário

VIABILIDADE DO CONCRETO MOLDADO <i>IN LOCO</i> NAS OBRAS DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL .....	6
Cristovão Silva Souza, Marcela Barbosa Evangelista, Renato Bosi de Jesus, Karina Zanetti .....	6
ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA DA UTILIZAÇÃO DE PÓ DE GRANITO COMO ADIÇÃO NO CONCRETO .....	24
Karla Karolliny Emidio da Silva, Leticia Valério Ferreira, Rosiene Vieira da Silva, MSc. Carlos Alexandre Seruti.....	24
ESTUDO SOBRE PROPRIEDADES DO RESÍDUO DE GESSO ACARTONADO RECICLADO NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	50
Helenice Almeida Moreira Turial, Edson Pires Junior, Tainara Trindade Cravo, Lucas Fernandes da Silva Goltara.....	50
ESTUDO DE CASO: INVESTIGAÇÃO PATOLÓGICA EM ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO .....	71
Érick dos Santos Moreira, Lidiani Aparecida Colombo, Marcela Giacomini Bonatto, Beverson Beltrame. ....	71
ESTUDO DO DESEMPENHO AMBIENTAL NA READEQUAÇÃO COM TELHADO VERDE EM ESCOLA .....	96
Jéssica Nascimento de Sousa, Larissa Barcellos Carrafa, Wanlexis Barbosa de Araújo, Karina Zanetti .....	96

# VIABILIDADE DO CONCRETO MOLDADO *IN LOCO* NAS OBRAS DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL

Cristovão Silva Souza<sup>1</sup>, Marcela Barbosa Evangelista<sup>1</sup>, Renato Bosi de Jesus<sup>1</sup>, Karina Zanetti<sup>2</sup>

1- Acadêmico do curso de Engenharia Civil – Faculdade Multivix – São Mateus

2- Engenheira Civil – Professor Mutivix – São Mateus

## RESUMO

A indústria brasileira busca por alternativas viáveis que visam melhorar o produto entregue ao consumidor, em melhor tempo e com qualidade. O setor da construção civil também tem essa necessidade de busca de sistemas racionalizados com menor volume de resíduo gerado, obras mais rápidas e de menor custo de produção, com a finalidade de resolver o déficit habitacional. O sistema construtivo de Concreto Moldado *in Loco*, é uma alternativa que possibilita a construção de Habitação Unifamiliar (HU) com custo de produção menor e rapidez na obra, tornando a produção final mais barata e acessível à população que possui interesse de programas de financiamento social. Esse estudo realizou o comparativo da construção de um conjunto habitacional com o método de Concreto Moldado *in Loco*, e a Alvenaria Convencional. Para tanto, foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre esses métodos construtivos, materiais utilizados e vantagens e desvantagens. Depois foi elaborado um orçamento para a construção de um complexo habitacional, contendo 100 imóveis. Analisando os dados foi possível concluir que a construção da HU com o método de Concreto Moldado *in Loco* é economicamente e tecnicamente mais viável, em relação ao método convencional.

Palavras-chave: Déficit habitacional. Complexo Habitacional. Concreto Moldado.

## ABSTRACT

The Brazilian industry is looking for viable alternatives that aim to improve the product delivered to the consumer, in a better time and with quality. The civil construction sector also has this need to search for rationalized systems with less volume of waste generated, faster works and lower production costs, in order to solve the housing deficit. The constructive system of Molded Concrete in Loco, is an alternative that allows the construction of Single Family Housing (HU) with lower production cost and speed in the work, making the final production cheaper and more accessible to the population that is interested in social financing programs. . This study compared the construction of a housing complex with the method of Molded Concrete in Loco, and Conventional Masonry. For that, a bibliographic research was carried out on these construction methods, materials used and advantages and disadvantages. Then a budget was drawn up for the construction of a housing complex, containing 100 properties. Analyzing the data it was possible to conclude that the construction of the HU with the Molded Concrete in Loco method is economically and technically more viable, in relation to the conventional method.

Keywords: Housing deficit. Housing Complex. Molded Concrete.

## 1. INTRODUÇÃO

Desde os tempos primórdios as técnicas vêm sendo modificadas para a melhoria da vida humana, seja ela para a obtenção de alimentos ou para a construção de moradias. No setor da construção civil, há a necessidade de técnicas que unem a viabilidade construtiva, fazendo com que haja mais rapidez na execução da edificação, segurança e viabilidade financeira, o que garante uma obra com melhor custo-benefício. Além dessas necessidades de melhorias nos processos, na atualidade, se vê a necessidade de técnicas sustentavelmente mais eficazes, onde se necessita de menor utilização de bens naturais renováveis e não-renováveis e menor geração de resíduos durante o processo construtivo, ou seja, técnicas mais racionalizadas.

O sistema construtivo mais utilizado no Brasil é o da Alvenaria Convencional, onde a parede é construída com blocos cerâmicos vazados ligados entre si através da aplicação de argamassa (KALIL, 2007), tendo a função não-estrutural, de vedação e separação de ambientes.

Diante da necessidade exposta de aperfeiçoamento de técnicas na construção civil, que tem a finalidade de redução de custos e tempo, novas tecnologias vem sendo desenvolvidas a fim da substituição da Alvenaria Convencional e que apresentam maiores vantagens, dentre elas tem a alvenaria de Concreto Moldado *in Loco*, que é executado com a aplicação de concreto em formas, no próprio canteiro de obras, formando painéis de vedação (PILOTTO E VALLE, 2011).

Este estudo tem como objetivo, através da revisão bibliográfica de autores que dissertaram sobre esses dois métodos construtivos (Alvenaria Convencional e Concreto Moldado *in Loco*), bem como, suas vantagens e desvantagens, fazer um comparativo, para ser possível analisar a viabilidade financeira e técnica do Concreto Moldado *in Loco* como alternativa na construção de unidade de habitação unifamiliares que atendam as especificações exigidas pelo programa do Governo Federal, Minha Casa Minha Vida.

O mundo está em constante evolução tecnológica, nos mais diversos setores se vê a modernização dos processos de fabricação e confecção a fim de torná-los mais rápidos, economicamente viáveis e sustentáveis, na construção civil não é diferente. O Concreto Moldado *in Loco* é um exemplo, dentre outros vários, de avanços nos métodos construtivos, pois possui inúmeras vantagens que vem ganhando espaço. Os materiais utilizados são quase todos reutilizáveis, o que contribui para uma construção mais sustentável. Porém é um sistema construtivo pouco utilizado, pois projetistas e construtores, muitas vezes não tem domínio ou conhecimento sobre essa tecnologia, daí a importância de se elaborar um estudo quanto as vantagens e desvantagens de tal utilização.

A partir desse pressuposto, esse estudo tratará de analisar a viabilidade técnica e financeira da utilização desse método em obras residenciais padrão Minha Casa Minha Vida, onde se tem a necessidade de métodos construtivos de baixo custo, porém que atendam uma qualidade satisfatória de desempenho, por se tratar de um programa governamental para atender a famílias de vulnerabilidade econômica. Para isso, será feito um orçamento de uma HU que atenda as características necessárias para aprovação de um residencial do programa social Minha Casa Minha Vida, em comparação a uma obra idêntica, utilizando o Concreto Moldado *in Loco* e outro orçamento dessa mesma residência, mas de Alvenaria Convencional. Por fim, será feito um comparativo entre os dois métodos.

O tema tem como objetivo abordar o Concreto Moldado *in Loco* como uma possível técnica a ser utilizada nas obras das unidades habitacionais, através do levantamento orçamentário e quantitativo de uma obra padrão Minha Casa Minha vida. Para essa mesma obra será feita uma planilha orçamentária onde será previsto o método construtivo de Alvenaria Convencional. Ao final será feito um comparativo entre os dois métodos, para ser possível analisar a viabilidade técnica e financeira do Concreto Moldado *in Loco*. O Concreto Moldado *in Loco* surge como uma dessas alternativas, porém essa tecnologia é economicamente viável para esse tipo de obra residencial?

Demonstrar um comparativo entre o uso do método construtivo Concreto Moldado *in Loco*, que utiliza formas que perfazem todas as paredes e lajes e o

convencional de alvenaria de tijolos cerâmicos furados em uma obra de unidade habitacional, para analisar a viabilidade econômica e técnica desse método nesse tipo específico de construção.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 SISTEMA CONSTRUTIVO CONCRETO MOLDADO *IN LOCO*

No Brasil, a Alvenaria Convencional é um método tradicional, enraizado na cultura habitacional brasileira. Por isso, o método mais utilizado para a construção de casas e edifícios. Utiliza materiais simples, como cimento, blocos para vedação e aço, mas é oneroso nos gastos com mão de obra e tem baixa produtividade (RAMALHO, 2003).

Para construção de unidades de habitação de interesse social no Brasil, os sistemas construtivos utilizados são: alvenaria estrutural, tanto com blocos de concreto quanto com blocos cerâmicos, Alvenaria Convencional sistema, steel frame e paredes de concreto (SIDUSCON, 2018).

Com o objetivo de melhorar cada vez mais os métodos construtivos, são desenvolvidas tecnologias que visam unir a produtividade e consciência ambiental, buscando obras mais limpas, que necessitam de menor volume de recursos naturais.

Reflexo de uma construção industrializada, o sistema de parede de concreto é um método construtivo racionalizado que traz inovações e segundo análise de Cêsta (2009), esse sistema construtivo traz benefícios financeiros quando se trata da construção desse tipo de unidade habitacional em grande escala, garantindo ainda a qualidade e conforto.

Segundo a NBR 16055 (ABNT, 2012b), moldar as paredes de concreto *in loco*, pode atribuir as mesmas características de autoportantes, ou seja, obtêm capacidade estrutural, isso se o seu comprimento tiver, no mínimo, dez vezes maior

que sua espessura, sendo capaz de suportar determinadas cargas definidas em cálculo.

Paredes e lajes são concretadas, iniciando um ciclo construtivo e depois da retirada das formas o resultado gera paredes prontas para receber os acabamentos finais, como mostra a figura 1. Ou seja, embutidas nelas já estão tubulações e eletrodutos, e elementos específicos se for o caso, além de vãos de portas e janelas também já executados NBR 16055 (ABNT, 2012b).

Figura 1 – Paredes e laje após a retirada da forma



Fonte: Gethal Tecnologia em Concreto, 2014

Quando comparada a alvenaria tradicional os benefícios são inúmeros como, por exemplo, a agilidade na construção, organização e baixo índice de resíduos na obra.

Alguns dos principais benefícios do sistema de Concreto Moldado *in Loco* são: velocidade de execução, garantia nos prazos de entrega, industrialização do processo, maior qualidade e desempenho técnico, mão-de-obra não especializada e diminuição da mão-de-obra e dos custos indiretos (ABCP, 2007; MISURELLI; MASSUDA, 2009).

Apesar de já ser produzido no Brasil, o sistema não é tão utilizado, e os fatores que contribuem para que isso aconteça é o desconhecimento por parte das construtoras, o que os leva a pensar que se trata de sistema construtivo de alto

investimento inicial. É preciso abrir os olhos desses profissionais para aderir esse novo método de construção.

## 2.2 CARACTERÍSTICAS DO CONCRETO MOLDADO *IN LOCO*

A parede maciça moldada *in loco* pode ser definida como elemento do subsistema de vedação de formato laminar, obtido por moldagem no seu local, com locação previamente definida no layout, através da necessidade de sua utilização, já especificado no projeto executivo. Ela é caracterizada pela possibilidade de, ao ser solicitada, distribuir esforços por toda a parede (Costa, 2013 apud LORDSLEEM JÚNIOR, 1998).

Segundo a NBR 16055 (ABNT, 2012b), para a moldagem das paredes, as formas já devem prever os vãos de portas, janelas, tubulações, passagem de conduítes, instalações em geral, ou elementos especificados em projeto para a obra, além de todas as paredes serem executadas numa concretagem só, assim quando desenformadas, já estão prontas para a fixação.

Ainda segundo a NBR 16055 (ABNT, 2012b) A especificação do concreto para o sistema construtivo, [...] deve estabelecer:

- I. Resistência à compressão para desforma, compatível como o ciclo de concretagem;
- II. Resistência à compressão característica aos 28 dias ( $f_{ck}$ );
- III. Classe de agressividade do local de implantação da estrutura, conforme a ABNT NBR 12655;
- IV. Trabalhabilidade, medida pelo abatimento do tronco de cone (ABNT NBR 67);

O concreto é o principal elemento do sistema Parede de Concreto, por isso é exigido uma atenção especial com este componente (MISURELLI; MASSUDA, 2009).

Para a confecção do concreto é aconselhável a utilização de cimento do tipo CP V-ARI, pois de acordo com (ABCP, 2007), é recomendado em todas as aplicações que necessitem de resistência inicial elevada e desforma rápida. Portanto, se enquadrando no processo construtivo de parede de concreto. Geralmente, nas obras de baixo padrão, é utilizado concreto com resistência característica não superior a 25 Mpa.

Os tipos de formas mais utilizadas são: formas metálicas, formas metálicas com compensado e formas plásticas. (ABCP, 2007)

De acordo com (ABCP, 2007), as paredes devem ter extremidades com travamento de, no mínimo, três vezes a espessura da parede, a seção mínima de aço das armaduras verticais deve corresponder a no mínimo 0,10% da seção de concreto. Para construções de até dois pavimentos, permite-se a utilização de armadura mínima equivalente a 70% destes valores e o espaçamento máximo entre barras das armaduras verticais e horizontais não deve ser maior que duas vezes a espessura da parede, sendo de, no máximo, 30 cm.

Ainda segundo (ABCP, 2007), a durabilidade dos sistemas à base de concreto é comprovada por seu expressivo uso, tanto no Brasil como em muitos outros países. O sistema em paredes de concreto segue as exigências já consagradas para obtenção da durabilidade em normas e práticas recomendadas de sistemas com os mesmos materiais.

### 2.3 SISTEMA CONSTRUTIVO CONVENCIONAL – BLOCOS CERÂMICOS VAZADOS

Na atualidade, pode-se observar com muita recorrência, o uso da alvenaria de tijolos como método de vedação tanto interna, quanto externa, porém, esse estudo se concentrará na vedação vertical. Que segundo Sabbatini (1989), é um subsistema que tem como função a determinação e separação dos mais diversos ambientes dentro de um edifício, podendo impedir a invasão indesejada de agentes

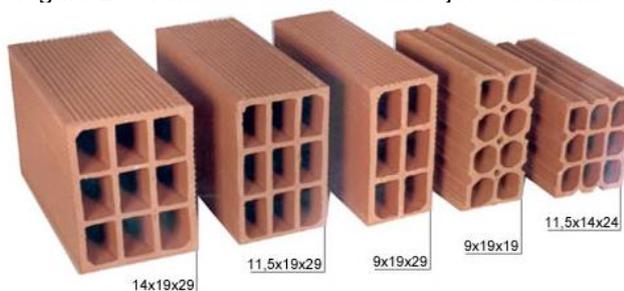
externos. Sem função estrutural, dimensionada apenas para viabilizar a divisão de ambientes e suportar o peso próprio, Araújo (1995).

A escolha do material e método construtivo é um passo importante a se considerar no momento da concepção do projeto, se dá através da disponibilidade do material e mão-de-obra qualificada na região de implementação do empreendimento. Essa escolha, além de influenciar diretamente no designer da obra, também gera diferenças na elaboração do cálculo estrutural, sistema hidrossanitário e layout do canteiro de obras. Por esse motivo é ideal que se faça toda a análise do método a ser escolhido, a fim de se tornar a obra economicamente e funcionalmente viável (SABBATINI, 1989).

O sistema construtivo mais utilizado no Brasil é o constituído por estrutura de concreto armado (concreto + ferragem) e vedação vertical de tijolos cerâmicos vazados, uma vez que o material necessário para sua fabricação, bem como, a mão-de-obra de execução é facilmente ofertados no mercado de construção civil (DELLATORRE, 2015).

A NBR 15270-1 (ABNT, 2012), especifica as características físicas e dimensões a serem consideradas na produção de tijolos cerâmicos de argila, onde não devem apresentar deformidades das suas planícies, cor alaranjada escura uniforme, sem fissuras ou trincas, o peso fica entre 2,5Kg e 2,8Kg (dependo de sua dimensão), podendo ser 9x19x19cm ou 9x14x24cm, existem variações de acordo aos fabricantes (Figura 2), mas devem obedecer as funções impostas na norma, essas variações ocorrem para facilitar em determinado processo construtivo

Figura 2 – Variados tamanhos dos tijolos cerâmicos



Fonte: VTN, 2017

Essas características garantem a resistência equivalente a entre 1,5Mpa a 2Mpa. Para se obter essa ductibilidade e assim a resistência necessária às cargas que será exposto, o bloco moldado de argila, deve ser submetido a uma queima de 800°C a 1100°C, conforme informou Taguchi (2010).

O bloco não-estrutural, numa edificação é utilizado como vedação e separação de ambientes internos, sendo que a função estrutural fica a cargo de pilares, vigas, sapatas, tubulões etc., previamente calculados para resistirem aos esforços em que serão submetidos. Dessa forma os tijolos cerâmicos não possuem característica estrutural, apenas servem para preenchimentos de vãos (FERREIRA, 2015).

Por não possuírem função estrutural, os tijolos convencionais proporcionam a flexibilidade de cortes em sua estrutura física, o que facilita a modificação da planta, caso haja necessidade, durante ou após a sua execução, além de ser possível fazer os rasgos na alvenaria para a passagem de instalações hidrossanitárias, elétrica e estrutural (PIANCA, 1978).

## 2.4 CANTEIRO DE OBRAS: PLANEJAMENTO

Como toda indústria tem seu setor de administração, produção e controle de qualidade, que visam o produto como o adequado a satisfação de seus clientes, o canteiro de obras deve ser visto da mesma forma e a obra executada é o que será entregue ao cliente. Tendo como característica sua instalação pode ser possivelmente fixa ou provisória (o que acontece na maioria dos casos). Precisa ser planejado, pois nesse local da construção, serão instalados equipamentos, ferramentas, salas (alojamentos, vestiários, restaurante, banheiro, almoxarifados) e a construção que será executada, de acordo com a programação da obra, além de ter que oferecer condições dignas de trabalho a todos os envolvidos.

O planejamento do canteiro de obras, dará coordenadas de cada etapa da construção, visando o melhor desempenho, movimentação de cargas e armazenamento de materiais. Para tanto, é imprescindível a elaboração de um layout, que deve levar em consideração a economia, fluxo progressivo, flexibilidade,

integração de todos os setores, uso do espaço público e higiene e segurança do trabalho (ELIAS et al, 1988).

De acordo com a ABNT NB 1367 (1991, p. 11), o canteiro de obras pode ser entendido como “conjunto de áreas destinadas à execução e apoio dos trabalhos da indústria da construção, dividindo-se em áreas operacionais e áreas de vivência”.

Conforme dissertou Naback (2008), para que haja maior produtividade e agilidade na elaboração de um layout, as construtoras podem formular uma padronização do canteiro de obras, que deverá ser ajustado conforme a área a ser destinada sua instalação. Primeiro pode ser desenvolvido um check-list com todos os ambientes e tamanhos a serem implantados (banheiro, escritório, vestiário e entre outros) de acordo com a quantidade de trabalhadores previstos, desenvolver o cronograma físico da obra, estimar as máximas de estoques, arranjo físico com a localização de cada objeto, detalhamento das instalações e cronograma de implantação.

Entende-se, sob uma visão abrangente, que o planejamento no canteiro de obras é o primeiro passo a ser considerado quando o assunto for: logística, estoque de materiais, ferramentas, maquinários, e segurança dos trabalhadores.

Saurin e Formoso (2006, p. 18) explica que:

O processo de planejamento do canteiro visa a obter a melhor utilização do espaço físico disponível, de forma a possibilitar que homens e máquinas trabalhem com segurança e eficiência, principalmente através da minimização das movimentações de materiais, componentes e mão-de-obra.

O planejamento da logística, dentro da obra, diz respeito a movimentação e estocagem dos materiais, focando a produtividade e mitigando as perdas de tempos que podem ocorrer, obedecendo as características de cada material e processo, também tem o objetivo de reduzir os riscos de acidentes, mesmo que, segundo Bonin (1993), a logística não está relacionada à proteção física, como treinamentos e análises de risco, sendo esse assunto pertencente a segurança no trabalho.

### 3. METODOLOGIA E MÉTODO DA PESQUISA

Este artigo está fundamentado na metodologia de pesquisa exploratória. Gerhardt e Silveira (2009, p. 35) define que “este tipo de pesquisa tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses”. Um estudo envolvendo a análise da viabilidade técnica e financeira do uso do Concreto Moldado *in Loco*, onde serão pesquisados autores que dissertaram sobre a temática, a fim de ter informações suficientes para conhecer a técnica de utilização e viabilidade financeira dessa tecnologia. Também efetuadas com o objetivo de verificar a sua viabilidade da substituição da Alvenaria Convencional pelas placas de concreto moldadas no canteiro de obras em um projeto de execução de um conjunto habitacional.

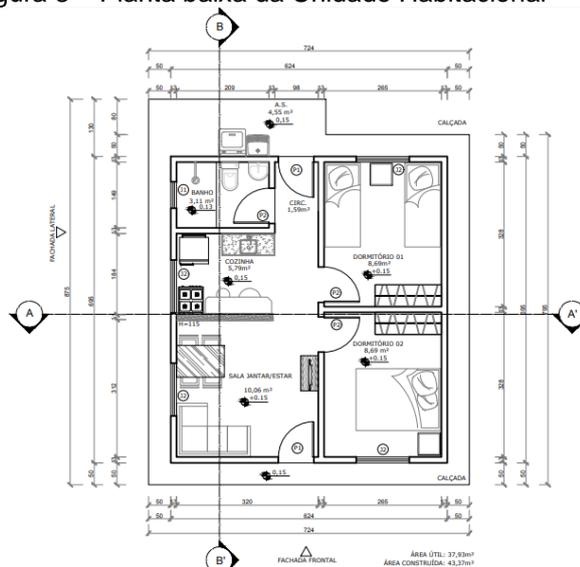
Com o objetivo de embasar as análises dos resultados, foi utilizada uma pesquisa bibliográfica. Como técnica será utilizada a pesquisa de levantamento. Para Gerhardt e Silveira (2009, p. 38) “entre as vantagens dos levantamentos, temos o conhecimento direto da realidade, economia e rapidez, e obtenção de dados agrupados em tabelas que possibilitam uma riqueza na análise estatística”.

Como coleta de dados primária, foi obtida como base referencial a planilha de custo e projeto arquitetônico de um complexo habitacional que será executado no método convencional, entende-se por método convencional as paredes de tijolos cerâmicos vazados e concreto armado. Como coleta de dados secundária foi utilizado material de pesquisa bibliográfica sobre Alvenaria Convencional, Concreto Moldado *in Loco*, custos, organização do canteiro de obras e produtividade. Tachizawa (2008, p. 4) salienta que “o conhecimento científico não provém do zero, desse modo, é de extrema importância a coleta de informações para a continuidade do estudo. Por isso é pertinente antes de se prosseguir com a pesquisa, procurar inteirar-se sobre o que está escrito através da revisão bibliográfica”. Como explica Gil (2010), essa pesquisa tem natureza básica, pois reúne várias informações sobre a temática abordada, a fim de construir uma conclusão sobre o problema e agregar conhecimento sobre o assunto.

Portanto, para alcançar o objetivo de comparar os dois métodos construtivos em questão, foi realizada uma pesquisa bibliográfica com autores como Ramalho (2003), Massuda (2009), Misurelli (2009), dentre outros, que dissertaram sobre o Concreto Moldado *in Loco*, autores que escreveram sobre a Alvenaria Convencional como Sabbatini (1989), Araújo (1995), Taguchi (2010) e sobre a organização do canteiro de obras que deve ser de acordo ao método a ser utilizado, tendo referência de textos dos autores Saurin e Formoso (2006), Elias et al (1988), e outros. Além de publicações, também foram pesquisadas as NBR's referentes aos processos construtivos e aos requisitos de qualidade que a obra deve possuir.

Após ter maior conhecimento sobre o assunto, foi levantado o quantitativo de materiais e seus respectivos valores, para a construção de uma Habitação Unifamiliar, no método construtivo convencional, modelo padrão que atende aos critérios da Caixa Econômica Federal. E para esse mesmo projeto (Figura 3), foi elaborado uma planilha de quantitativo e custos. Esse modelo padrão será utilizado para a execução de um conjunto habitacional de 100 casas. Portanto, o valor unitário da HU foi multiplicado por 100.

Figura 3 – Planta baixa da Unidade Habitacional



Fonte: Ilha Construtora e Incorporadora

O modelo padrão adotado da Habitação Unifamiliar (HU), bem como a lista de materiais necessários para a construção de uma HU no modelo convencional, foram disponibilizados pela empresa Ilha Construtora e Incorporadora LTDA. A construtora

está executando um complexo habitacional no município Guaçuí, no loteamento denominado Adelino Jevaux – Horto Florestal, onde serão executadas trinta e uma casas, utilizando o método construtivo convencional.

Para esse estudo foi levado em consideração somente a construção das unidades unifamiliares, desconsiderando toda a infraestrutura do local, ou seja, pavimentação, drenagem, esgoto e terraplanagem do loteamento.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Para a elaboração do orçamento, foi considerada a planta baixa conforme figura 3, de uma HU, contendo 43,37m<sup>2</sup>, sendo distribuídos em dois quartos, uma sala de jantar/estar, uma cozinha e um banheiro social. O pé-direito interno é de 2,70m, com laje coberta por telhas cerâmicas tipo capa.

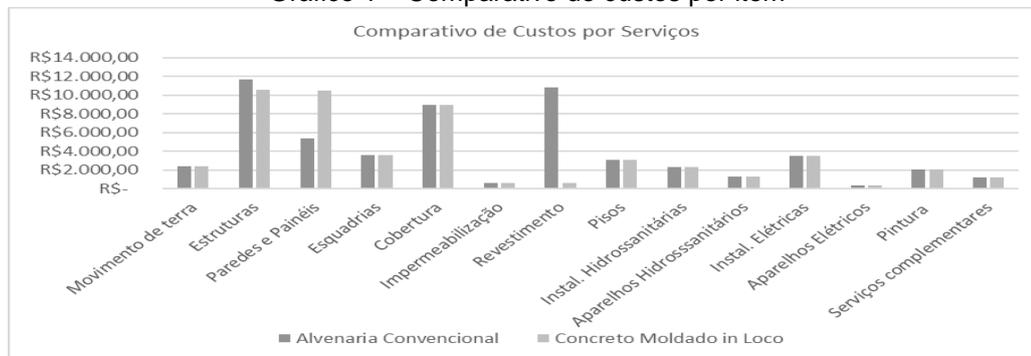
Para ser possível analisar a viabilidade da utilização do Concreto Moldado *in Loco*, em comparação com o sistema construtivo convencional de alvenaria de tijolos cerâmicos vazados, a HU escrita acima foi orçada nos dois modos. Como base de preço dos itens, foram utilizados os referenciais de preço SINAPI (data base de setembro de 2020, para o estado do Espírito Santo) e IOPES (data base de fevereiro de 2020), sendo que são as últimas versões de tabela de preços dos referenciais.

Para a execução da HU modelo pelo método convencional o valor final foi de R\$ 57.004,60, sendo distribuídos pelos itens a serem executados desde o movimento de terra até a limpeza final da obra. No entanto, no método construtivo de Concreto Moldado *in Loco* (CML), a mesma residência foi orçada no valor de R\$ 50.853,74.

O Gráfico 1 apresenta o comparativo dos valores dos dois métodos construtivos, onde se pode observar que no item Paredes e Painéis, a Alvenaria Convencional foi orçada em R\$ 5.344,34, que engloba a execução de blocos, vergas e contravergas, enquanto o CML no mesmo item foi orçado por R\$ 10.531,45, uma vez que é previsto a locação das formas e concretagem. Porém, ainda em análise a planilha orçamentária, observa-se no item Revestimento, o sistema convencional

necessita de um valor 94,49% mais alto em relação ao CML, pois necessita de um acabamento para então receber o revestimento.

Gráfico 1 – Comparativo de custos por item



Fonte: Elaborado pelo autor

Comparando o custo global de execução, uma Habitação Unifamiliar pelo método CML ficou 10,79% mais barata do que no método convencional, conforme observada no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Custo global



Fonte: Elaborado pelo autor.

Como a proposta desse estudo é a execução de um complexo habitacional contendo 100 casas, será levado em consideração apenas a execução das casas, não orçando infraestrutura necessária no local, o valor de uma habitação foi multiplicado por 100. Como demonstrado na Tabela 1, para a construção do complexo habitacional pelo método de Alvenaria Convencional, o custo global será de R\$ 5.700.459,63. Já com o sistema construtivo CML, pode-se levar em consideração o reaproveitamento das formas, tendo o gasto com essas formas somente uma vez em todo o complexo, ao invés de o valor final utilizando o CML ser de R\$ 5.085.374,00, será de R\$ 4.720.017,47. Portanto para a execução de um complexo habitacional de 100 casas o CML terá o custo 17,19% menor.

Tabela 1 – Custos Globais do Complexo Habitacional por método construtivo

<b>COMPLEXO HABITACIONAL - 100 CASAS</b>		
Alvenaria Convencional	R\$	5.700.459,63
CML	R\$	5.085.374,00
CML reaproveitando formas	R\$	4.720.017,47

Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme os valores apresentados é notório a viabilidade financeira do Concreto Moldado *in Loco*, barateando a construção de uma Habitação Unifamiliar e mais ainda de um complexo habitacional, visando a reutilização das formas. Além de ser uma obra com custo menor, segundo Dellatorre (2015), também é de rápida execução, tendo até testes experimentais com o propósito de construção de uma casa por dia.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS / CONCLUSÕES

O *déficit* habitacional é um problema que atinge todo o Brasil, em decorrência principalmente da falta de poder de compra dos brasileiros ou até mesmo pelos altos valores necessários à construção de um imóvel residencial. O setor da construção civil vem buscando inovação tecnológica para a solução desse problema, onde visa um sistema construtivo rápido, eficaz, ecologicamente correto e de baixo custo. O Concreto Moldado *in Loco*, surgiu como uma alternativa para solução dessa problemática.

O CML, se apresentou aproximadamente 11% com o custo menor, em relação ao sistema construtivo convencional, se tratando da construção de apenas uma Habitação Unifamiliar. Além disso, é um sistema racionalizado e sistematizado, gera menos resíduos sólidos ao final da obra e tem o tempo de execução menor.

Levando em consideração a construção de um complexo habitacional destinado a pessoas com poder aquisitivo menor, ou seja, edificações que possuem qualidade e segurança, porém num valor mais acessível, o CML mostrou ser um sistema eficaz nesse tipo de empreendimento urbano, uma vez que levando em consideração a reutilização das formas, o investimento seria 17% menor em relação à Alvenaria Convencional.

É necessário que políticas públicas incentivem a utilização de novas tecnologias construtivas, que se mostrem viáveis tanto tecnicamente, como financeiramente, a fim de que sanem o problema da falta de habitação ou precariedade de construções irregulares, apresentando a opção de aquisição de um imóvel com valor mais afável pela população.

Para pesquisas futuras, indica-se o estudo da aplicabilidade desse método construtivo na cidade São Mateus/ES, onde se pode analisar a disponibilidade dos materiais e mão-de-obra qualificada na região. Essa sugestão tem extrema importância, pois esse estudo mostrou, no contexto geral de custos e benefícios da utilização da técnica, então será interessante o estudo da aplicação no município de estudo, podendo mudar conceitos construtivos convencionais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCP, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Coletânea de Ativos em Parede de Concreto 2007**. Disponível em: <<http://https://abcp.org.br/download/coletanea-de-ativos-em-paredes-de-concreto-2007-2008/>>. Acesso em 18 de abr. 2020.

ABNT NBR 67. **Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, 1998**. Disponível em <<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=2882>>. Acesso em 20 de abr. de 2020.

ABNT NBR 12655. **Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento, 2015**. Disponível em <<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=329285>>. Acesso em 20 de abr. de 2020.

ABNT NBR 12284. **Áreas de vivência em canteiros**. 1991. Disponível em <<https://thorusengenharia.com.br/wp-content/uploads/2020/05/Nbr-12284-Nb-1367-Areas-De-Vivencia-Em-Canteiros-De-Obras.pdf>>. Acesso em 10 set. 2020.

ABNT NBR 15270-1. **Componentes cerâmicos - Blocos e tijolos para alvenaria, 2012a**. Disponível em <<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=382947>>. Acesso em 20 de abr. de 2020.

ABNT NBR 16055. **Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e procedimentos, 2012b**. Disponível em <<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=90554>>. Acesso em 20 de abr. de 2020.

ARAÚJO, H. N. **Intervenção em obra para implantação do processo construtivo em alvenaria estrutural: um estudo de caso, 1995**. Disponível em:

<<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/111484>>. Acesso em 20 de abr. de 2020.

BOGDAN, R. S.; BIKEN, S. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. 12.ed. Porto: Porto, 2003.

BONIN, L.C.; et al. **Manual de referência técnica para estruturas de concreto armado convencionais**. Sinduscon/RS: Programa de qualidade e produtividade na construção civil/RS, 1993.

CÊSTA, G. A. SEMINÁRIO: **O Sistema Parede De Concreto Na Construção Habitacional Brasileira**. 2009. Disponível em:

<[http://abesc.org.br/arquivos/05\\_Porque\\_utilizamos\\_parede\\_Concrto\\_Geraldo\\_Cesta\\_Rodobens.pdf](http://abesc.org.br/arquivos/05_Porque_utilizamos_parede_Concrto_Geraldo_Cesta_Rodobens.pdf)>. Acesso em 11 de abr. de 2020.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **Vantagens do Sistema Construtivo Parede de Concreto**, 2014. Disponível em:

<<http://www.comunidade-da-construcao.com.br/sistemas-construtivos/2/vantagens/viabilidade/20/vantagens.html>>. Acesso em 08 de abr. de 2020.

COSTA, L. J. D. **Paredes de concreto moldadas *in loco* em condomínios horizontais: Avaliação de desempenho pelos usuários**, 2013. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/78240/000896806.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em 15 de abr. de 2020.

DELLATORRE, L. A. **Análise comparativa de custo entre edifício de alvenaria estrutural e de concreto armado convencional**. Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria. RS: Santa Maria. 25-40p. 2015.

ELIAS, S. J. et al.. **Planejamento do layout de canteiro de obras: Aplicação do SLP (Systematic layout planning)**. Universidade Federal do Ceara. Fortaleza-CE, 1988. Disponível em: <

<http://www.engenhariaconcursos.com.br/arquivos/Planejamento>>. Acesso em 17 de out. de 2020.

FERREIRA, B. L. O.; POMPEU JUNIOR, L. G. C. **Alvenaria estrutural de blocos de concreto – método executivo, vantagens e desvantagens de seu uso**. Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal da Amazônia, Belém. 85p. 2015.

GERHARDT, Tatiana Engel e SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa**. UFRGS. Rio Grande do Sul: Porto Alegre. 2009. 40p.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. Ed. São Paulo: Atlas S/A, 2007.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

KALIL, Silvia Maria Baptista. **Alvenaria estrutural**. PUCRS. Rio Grande do Sul. 2015.

MISURELLI, Hugo; MASSUDA, Clovis. **Como Construir Paredes de Concreto**, Revista Técnica, Edição 147. Jun. 2009.

NABACK, G. L. S. **Planejamento de canteiro de obras**. 2008. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Minas Gerais: Poços de Caldas. 2008. 30p.

NEVES, J. L. **Pesquisa qualitativa – características, uso e possibilidades**. Cadernos de pesquisa em administração. São Paulo: São Paulo. 1996.

PIANCA, João Batista. **Manual do Construtor**. ed. Globo. Rio Grande do Sul: Porto Alegre, 1970.

PILOTTO, G. A.; VALLE, R. **Comparativo de custos de sistemas construtivos, alvenaria estrutural e estrutura em concreto armado no caso do empreendimento Piazza Maggiore**. Universidade Federal do Paraná como parte dos requisitos para obtenção do título de Graduado em Engenharia Civil. Curitiba. 2011.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. **Projetos de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Editora Pini, 2003.

RICHARDSON, Roberto Jarry. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

SABBATINI, H. F. **Desenvolvimento de Métodos, Processos e Sistemas Construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia**, 1989.

SAURIN, Tarcisio Abreu; FORMOSO, C. T. **Planejamento de Canteiro de Obra e Gestão de Processos**. Vol 3. Porto Alegre; Recomendações Técnicas HABITARE. 2006.

SIDUSCON. **Caracterização de sistemas construtivos**. Disponível em: <<http://www.sinduscon-mg.org.br/>>. Acesso em 11 de abr. de 2020.

TACHIZAWA, Élio Takeshy. **Gestão ambiental e responsabilidade social corporativa: estratégias de negócios focadas na realidade brasileira**. ed. Conhecimento e Diversidade. Rio de Janeiro: Niterói. 2009. 5p.

TAGUCHI, Mario Koji. **Avaliação e qualificação das patologias das alvenarias de vedação nas edificações**. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2010. 74p.

VTN. **Materiais de construção**. 2017. Disponível em: <<http://www.vtn.com.br/materiais-de-construcao/dicas-de-construcao/bloco-e-tijolo/qualidade-dos-tijolos.php>> Acesso em: 25 de jun. de 2020.

# ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA DA UTILIZAÇÃO DE PÓ DE GRANITO COMO ADIÇÃO NO CONCRETO

Karla Karolliny Emidio da Silva<sup>1</sup>, Leticia Valério Ferreira<sup>2</sup>, Rosiene Vieira da Silva<sup>3</sup>, MSc. Carlos Alexandre Seruti<sup>4</sup>

## RESUMO

A indústria da construção civil é uma das que mais consomem matéria prima do mundo. Em contrapartida, a escassez dos recursos naturais e a dificuldade quanto à disposição final adequada de resíduos sólidos gerados diariamente são fatores preocupantes a sociedade, elevando a importância de estudos associados a aplicações e destinos de reaproveitamento a serem dadas a esses rejeitos. Diante disso, a indústria do beneficiamento de rochas ornamentais merece destaque devido a sua numerosa produção de resíduos sólidos. Essa pesquisa teve como objetivo verificar a viabilidade técnica da utilização de pó do polimento de granito como adição no concreto. Para tal, foram executados ensaios experimentais de granulometria, massa específica, atividade pozzolânica, abatimento do tronco de cone e resistência a compressão. Os corpos de prova foram moldados com diferentes percentuais de adição (5, 10 e 20%) e o convencional, sem adição, como comparativo dos valores. Concluiu-se que o material não possui atividade pozzolânica, não sendo considerado um material reativo. O pó granítico beneficia a resistência e trabalhabilidade do concreto dependentemente do traço, do fator água-cimento ( $a/c$ ) e dos materiais utilizados.

**Palavras-chave:** Concreto. Ensaio. Resíduos Sólidos. Rochas Ornamentais.

## ABSTRACT

The construction industry is one of the most consuming raw materials in the world. On the other side, the scarcity of natural resources and the difficulty in finding the proper final disposal to the solid waste generated daily are factors of concern to society, increasing the importance of studies associated with applications and reuse destinations to be given to these materials. In length of this, the ornamental stone processing industry deserves attention due to its numerous solid waste generation. This research aimed to verify the technical feasibility of using granite polishing powder as an addition to concrete. For such purpose, experimental tests of granulometry, specific mass, pozzolanic activity, test method for slump of hydraulic-cement and compressive strength were performed. Samples were molded with different addition percentages (5, 10 and 20%) and the conventional, without addition, as a comparison of values. It is concluded that the material has no pozzolanic activity and is not considered a reactive material. The granitic powder benefits the strength and workability of concrete depending on the recipe, the water-cement factor ( $w/c$ ) and the materials used.

---

<sup>1</sup> Graduanda em Engenharia Civil pela Faculdade Norte Capixaba de São Mateus – MULTIVIX.

<sup>2</sup> Graduanda em Engenharia Civil pela Faculdade Norte Capixaba de São Mateus – MULTIVIX.

<sup>3</sup> Graduanda em Engenharia Civil pela Faculdade Norte Capixaba de São Mateus – MULTIVIX.

<sup>4</sup> Orientador Mestre em Estruturas e Materiais.

**Key-words:** Concrete. Tests. Solid Waste. Ornamental Stone.

## 1 INTRODUÇÃO

A construção civil tem buscado por alternativas que, além de favorecerem melhores características físicas e mecânicas ao concreto, contribuam na redução do descarte de materiais 'in natura' no meio ambiente, buscando a sustentabilidade. O uso de materiais oriundos do polimento de rochas, de cascas e palhas de cereais (cana de açúcar, bananeira, arroz, café), que normalmente são despejados em locais inapropriados, se tratados, podem ser reaproveitados como aditivo em concreto (ALVES, 2008; AZEVEDO e CABRAL, 2016; GALVÃO et al., 2018; GONÇALVES, 2000; OLIVEIRA et al., 2019; TASHIMA et al., 2011). No que se refere a rochas ornamentais, tais materiais são submetidos a diversos processos desde sua extração até seu acabamento em chapas (CAMPOS e CASTRO, 2007). A integração desses processos produz quantidades expressivas de resíduos sólidos com variadas dimensões, ocasionando mudança na paisagem natural e degradação do meio ambiente quando dispostos inadequadamente. De acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais (ABIROCHAS, 2018), o beneficiamento de rochas ornamentais constitui-se numa das áreas industriais mais bem desenvolvidas no Brasil, principalmente quanto a exportação. Somente em 2017, o país exportou para 117 países, como os EUA, a China e a Itália, sendo o Espírito Santo o Estado de maior destaque como exportador, correspondendo a 76,2% do volume físico das exportações brasileiras, agregando 81,7% do faturamento. A adição do pó gerado pela serragem e polimento de placas graníticas no concreto parte da iniciativa de diminuir a extração de bens naturais não renováveis, e portanto, é necessário reduzir o acúmulo desses resíduos em aterros e fornecê-los uma destinação útil e proveitosa (ALVES, 2008).

De acordo com Gasques (2014, *apud* PINTO, 2005), a área da construção civil está entre as mais importantes para o desenvolvimento econômico e social do mundo. Em contrapartida, é a que ocasiona impactos ambientais visto seu desgaste de matéria-prima. Gasques (2014, *apud*. AGOPYAN, 2013) salienta que seria de 40 a 75% da quantidade produzida no mundo, sendo então um dos setores mais prejudiciais. Portanto, a utilização de resíduos reciclados é uma alternativa

considerável para se equilibrar ou diminuir a retirada de bens naturais não renováveis. Diante disso, Alves (2008) evidencia a importância de realizar estudos quanto ao uso do pó gerado nas marmorarias como adições no concreto, para então transformá-lo em um subproduto de valor, deixando de ser um resíduo desprezível. O autor também ressalta que, entre diversos benefícios fornecidos pela adição mineral, a durabilidade é uma das maiores vantagens, além de possivelmente refinar os poros e aperfeiçoar o adensamento do concreto. Portanto, além de beneficiar o meio ambiente diretamente, também há vantagens no que tange a resistência do concreto, reduzindo sua suscetibilidade a patologias.

Pesquisas envolvendo a adição de pó de granito já foram desenvolvidas no Brasil, dentre as quais citam-se alguns trabalhos relevantes: Rocha (2008) estudou concretos com adições minerais de resíduo de corte de rocha e de blocos cerâmicos moídos; concluiu que as adições são viáveis e que o uso dos resíduos contribui para a redução do uso de cimentos e agregados. Gonçalves (2000) avaliou a utilização do resíduo de corte de granito (RCG) como aditivo em concretos, verificou que é viável tecnicamente e que 10% de adição é um teor ótimo. Alves (2008) pesquisou as características e da viabilidade do uso de resíduos gerados no polimento de rochas graníticas como adição em concretos em 10% e 20%; concluiu que o resíduo utilizado com granulometria muito semelhante ao cimento CP-V não pode ser pozolânico e que a idade e relação água cimento ( $a/c$ ) influenciaram nos valores de resistências desses concretos.

Esta pesquisa tem como objetivo a realização de ensaios experimentais para a verificação da influência da adição de pó de granito em concretos em três porcentagens (5%, 10% e 20%). Tais ensaios envolveram as seguintes características: resistência a compressão e abatimento do tronco de cone, normalizados, respectivamente pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) através da norma NBR 5739 (ABNT, 2007) e da NBR NM 67 (ABNT, 1998), para verificação dos possíveis benefícios que esse acréscimo pode gerar nas principais propriedades do material estrutural: sua trabalhabilidade e consistência, em estado fresco, e resistência à compressão, em condição endurecida. O estudo se concentrou em caracterizar o material mineralógico quanto a sua composição granulométrica, de acordo com a NBR 7217 (ABNT, 1987) e apresentar os possíveis

benefícios mecânicos e de consistência da sua adição no concreto, se equiparado ao convencional.

O presente estudo foi desenvolvido a partir da aplicação de resíduos provenientes do polimento de granito fornecido pela empresa Norte Granitos Ltda., localizada no município de Nova Venécia – Espírito Santo, como adição na formação do concreto. Os ensaios foram executados nos laboratórios de Materiais de Construção Civil da Faculdade Norte Capixaba de São Mateus (MULTIVIX) e no Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Espírito Santo (DER/ES) também localizados em Nova Venécia.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 CONCRETO SIMPLES E SEUS CONSTITUINTES**

A pedra e o tijolo são os instrumentos de construção mais significativos desde a antiguidade. A baixa resistência à tração das pedras impedia a construção de maiores vãos (FUSCO & ONISHI, 2017). Botelho e Marchetti (2002) salientam que a pedra resistia bem a esforços de compressão, quando usada como pilares. Quando dispostas em vigas, exigindo de resistência à tração em sua parte inferior, entrava em colapso, limitando sua utilização a pequenos cômodos, não sendo considerado instrumento estrutural. Diante disso, era necessário soluções e novas alternativas construtivas para garantir a eficácia estrutural e maior liberdade no dimensionamento das edificações.

De acordo com Botelho e Marchetti (2002), o concreto resiste “à compressão dez vezes mais que à tração”. Em conta dessa deficiência, sobrevém a idealização da mistura de materiais para supri-la.

Fusco e Onishi (2017) alegam que “com a Revolução Industrial, que trouxe a luz o cimento Portland e o aço laminado, surge o concreto armado em meados do século XIX”. O concreto armado permite a combinação de concreto (resistente à compressão) e aço na sua parte inferior (resistente à tração).

Pedroso (2009) declara que o concreto é um material construtivo abundantemente difundido e encontrado em casas convencionais de alvenaria até

em construções de maior porte, como edifícios, pontes e obras de saneamento. O autor ressalta que no Brasil, cerca de 30 milhões de metros cúbicos do material estrutural sai das usinas de dosagem diariamente. Pinheiro e Crivelaro (2016) discorrem sobre a sua composição:

O concreto é composto por um aglomerante (cimento), um agregado miúdo (areia), um agregado graúdo (brita), água e, algumas vezes, aditivos. A relação entre a quantidade de cada um desses componentes no concreto é chamado de traço, e ele é o responsável pela resistência do concreto. Na mistura, o cimento, ao reagir com a água (chamada de “água de amassamento”), cria uma pasta, chamada de pasta de cimento.

Os agregados compõem 3/4 do volume total do concreto. Esse material se divide em graúdo e miúdo (NEVILLE, 2016). Fusco e Onishi (2017) discorrem que “o agregado miúdo é a areia natural quartzosa, ou a artificial, resultante do britamento de rochas [...], o agregado graúdo é pedregulho natural ou a pedra britada proveniente do britamento de rochas estáveis”.

O cimento “pode ser descrito como um material com propriedades adesivas e coesivas que o fazem capaz de unir fragmentos minerais na forma de uma unidade compacta” (NEVILLE, 2016). Este aglomerante é responsável por agir quimicamente quando entra em contato com a umidade, ele, juntamente a água, formam a pasta de cimento. Conforme Neville e Brooks (2013), alguns critérios são levados em consideração quanto água de amassamento, pode ser potável ou não potável, desde que o seu pH esteja entre 6,0 e 8,0 e não apresente sabor salino ou salobro.

O traço diz respeito à proporção dos componentes adequada para a resistência desejada ao material estrutural. “O traço do concreto pode ser em volume, ou, mais precisamente, em peso. O traço é dado pela relação cimento:areia:brita.” (PINHEIRO; CRIVELARO, 2016).

Além de respeitar o traço e a qualidade dos componentes, é importante que o concreto se submeta a um processo de cura. Neville e Brooks (2013) esclarecem:

Cura é o nome dado aos procedimentos utilizados para promover a hidratação do cimento e, com isso, o desenvolvimento da sua resistência. Os procedimentos de cura consistem em controle de temperatura e do movimento de água de dentro para fora do concreto e vice-versa, que afetam não somente a resistência, mas também a durabilidade.

Todos esses componentes e aspectos influenciam diretamente no comportamento do concreto em sua totalidade. Além disso, para garantir um concreto estrutural que atenderá as exigências normativas de durabilidade e padrão de qualidade, é fundamental testar em laboratório sua trabalhabilidade e resistência à compressão para que quando for executado em obras suporte a demanda de solicitações às quais foi projetado.

## 2.2 AS PROPRIEDADES DO CONCRETO

O concreto pode ser definido como “união de pedras, areia, cimento e água. Às vezes usam-se adicionalmente produtos químicos (aditivos)” (BOTELHO; MARCHETTI, 2018). Os autores salientam que a qualidade mais importante do concreto é sua resistência a compressão.

Algumas propriedades do cimento ou concreto podem ser alteradas pela inserção de um aditivo, afirmam Neville e Brooks (2013). Eles explicam que em muitos casos, somente pelo uso desse acréscimo se alcança um determinado efeito. Para o caso de componentes minerais adicionados ao concreto em proporção maior que 5% do cimento, são denominados materiais cimentícios ou adições (NEVILLE, 2016).

De acordo com Rocha (2008, *apud*. MEHTA & MONTEIRO, 2008), as adições minerais podem ser descritas como produtos extremamente finos que não são solúveis, originados da natureza ou de subprodutos industriais.

Mehta e Monteiro (2006) exprimem que as adições minerais comumente são usadas em altas quantidades, e esse acréscimo além de causar redução nos custos e melhor trabalhabilidade no concreto fresco, também reduzem a sua sujeição a patologias comuns, como expansão por álcali-agregado, desgaste por sulfato e fissuras térmicas. Rocha (2008) enfatiza que a competência da adição depende diretamente da quantidade a ser aplicada, sua cura e características mineralógicas, químicas e granulométricas.

A integração de partículas finas minerais na mistura fresca de concreto, onde sua tendência é que ocorra a separação dos seus agregados, causa melhoria

em sua trabalhabilidade por reduzir volume de vazios e suas dimensões (MEHTA & MONTEIRO, 2006).

Neville e Brooks (2013) definem trabalhabilidade do concreto como “a quantidade de trabalho interno útil necessário à obtenção do adensamento total”, ou seja, quanto mais fácil for seu adensamento e sua resistência a segregação, mais trabalhável é esse concreto (NEVILLE, 2016). Por isso, essa propriedade também implica no seu controle de defeitos, quanto mais difícil é o lançamento e adensamento do material, além de aumentar seu custo de adequação, diminuirá sua resistência, durabilidade e estética (MEHTA & MONTEIRO, 2006, *apud*. ROCHA, 2008). O processo de adensamento, que pode ser por apiloamento ou vibração, baseia-se em eliminar o ar contido no concreto para o levar a sua maior densidade possível (NEVILLE, 2016).

O concreto fresco também é analisado por sua consistência. Neville e Brooks (2013) definem tal situação como a facilidade ou dificuldade que determinada substância flui. Os autores salientam que devido ao fato do volume de vazios interferirem diretamente na resistência do concreto, é importante obter a maior massa específica alcançável. Com isso, pode-se constatar que a trabalhabilidade está diretamente ligada à resistência do concreto após seu endurecimento.

Neville (2016) declara que a resistência do concreto em uma determinada idade depende, especialmente, do seu fator água/cimento, por determinar a porosidade da pasta de cimento, e o grau de adensamento. Outro fator que pode reduzir a resistência e causar microfissurações no concreto é a falha na estrutura dos agregados (NEVILLE & BROOKS, 2013).

O concreto endurecido é naturalmente designado para suportar cargas de compressão, e por isso, esse aspecto é o mais especificado a respeito do material. Como a resistência do concreto depende do processo de hidratação do cimento, que é relativamente devagar, as especificações e ensaios de resistência respeitam uma cura de 28 dias em condições padrões de umidade (MEHTA & MONTEIRO, 2006).

Diante das afirmações, se evidencia que o aspecto de trabalhabilidade ou consistência implicam essencialmente com a garantia de um concreto resistente e durável, sendo não poroso e não suscetível a patologias.

Gonçalves (2000) estudou a utilização de Resíduos de Corte de Granito (RCG) no concreto. Verificou que a adição desse material no concreto beneficiou a resistência a compressão do material consideravelmente quando comparado ao concreto comum pois “sua alta finura promoveu um refinamento na estrutura de poros. Este efeito contribuiu para uma maior densificação da zona de transição e da matriz cimentícia” (GONÇALVES, 2000).

Alves (2008) avaliou o comportamento do concreto em seu estado fresco e endurecido com o acréscimo do pó resultante do polimento de placas graníticas e obteve resultados não satisfatórios na trabalhabilidade e também na resistência à compressão. O autor ressalta que para diferentes traços, a porcentagem de adição ideal varia, sendo a idade e a relação a/c fatores fundamentais para o aprimoramento desses resultados, porém, o teor de adição não teve influência significativa na resistência dos concretos.

### 2.3 RESÍDUOS SÓLIDOS

Os resíduos sólidos podem ser definidos pela NBR 10.004 (ABNT, 2004) como “resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam das atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e varrição”. A lei 12.305/2010 atesta como parte dessa categoria os produtos que seu descarte se proceda em condição de sólido ou semissólido, agregando também gases e líquidos que por suas composições são impossibilitados de serem descartados em corpos hídricos ou redes de esgoto (GUERRA, 2012).

Conforme Bechara et al. (2013), resíduos sólidos são gerados diariamente e de forma indeclinável, danificando o meio ambiente. De acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2009), o Brasil produziu uma quantidade superior há 57 milhões de toneladas em 2009, um acréscimo de 7,7% em referência ao ano anterior.

Diante disso, a maneira de dar a esses materiais um destino adequado se tornou um ponto importante. Guerra (2012) declara que somente em 20 anos correndo no Congresso Nacional em Brasília, se aprovou a Lei 12.305/2010, onde foi instituído a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Essa lei “deve ser entendida como um conjunto de disposições, princípios, objetivos e diretrizes a respeito dos resíduos sólidos, [...] e passou a ser considerado o marco regulatório e de referência da matéria” (FILHO & SOLER, 2015).

Barbosa e Ibrahin (2014) afirmam que foram estabelecidos instrumentos administrativos, econômicos e penais (poluidor–pagador) aos violadores e incentivadores para os que aplicam planos sustentáveis (protetor-recebedor), para que se tenha infalibilidade na PNRS. A responsabilidade de fiscalização, orientação e cobrança recai sobre o Estado para que se cresça os incentivos ambientais locais. Entretanto, a PNRS “configura um instrumento essencial para definir os direitos e as obrigações dos setores público e privado, bem como dos consumidores finais sobre a gestão dos resíduos” (GUERRA, 2012).

Os resíduos sólidos podem ser discriminados de acordo com sua origem. Quanto a esse critério, a Lei 12.305/2010 os dividem em: resíduos domiciliares, resíduos de limpeza urbana, resíduos sólidos urbanos, resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, resíduos de serviços públicos de saneamento básico, resíduos industriais, resíduos de serviço de saúde, resíduos de construção civil, resíduos agrossilvopastoris, resíduos de serviços de transporte, resíduos de mineração. Dentro dessa esfera, os resíduos da serragem e polimento de blocos graníticos, considerados como minerais não metálicos, se adequam aos resíduos industriais, definidos pela resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em sua resolução nº 313/2002 como:

Todo resíduo que resulte de atividades industriais e que se encontre nos estados sólido, semissólido, gasoso – quando contido, e líquidos – cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

Esses resíduos, ou “rejeitos”, são produtos resultantes da extração (ou lavra) no processo de retirada da terra sobre as rochas na mina, que não possuem valor

econômico algum, ocasionando seu acúmulo em diversos locais (BARBOSA & IBRAHIN, 2014).

De acordo com Campos e Castro (2007), os resíduos oriundos do beneficiamento de rochas ornamentais se classificam, geralmente, em conformidade com suas dimensões, em grossos, finos ou ultrafinos. Sendo os resíduos finos e ultrafinos naturais às serrarias e marmorarias.

A respeito da formação do resíduo a ser utilizado, ou seja, o polimento das placas graníticas, Alves (2008) discorre que esse processo “ocorre em meio aquoso e gera uma lama densa com partículas extremamente reduzidas, que após sua secagem, se torna um pó cinza, com cor variável”.

Campos e Castro (2007) afirmam que a caracterização dos componentes dos resíduos gerados no processo de serragem deve ser criteriosa, devido não somente a sua variância mineralógica, mas também devido aos diversos processos de tratamento ao qual o material passa até chegar a esta etapa.

As disposições inadequadas desses rejeitos impactam negativamente o meio ambiente causam poluição visual, e podem contaminar os lençóis freáticos, o ar e provocar o assoreamento dos cursos de água, descrevem (BARBOSA & IBRAHIN, 2014).

Tendo isso em vista, Campos e Castro (2007) declaram que a forma prioritária a se proceder com esses materiais é sua possível reutilização ou reciclagem, e somente por último, sua disposição adequada em aterros ou depósitos especificados após seus devidos tratamentos.

### **3 METODOLOGIA E MÉTODO DA PESQUISA**

Metodologia pode ser definida como “conjunto de métodos ou caminhos que são percorridos na busca de conhecimento” (ANDRADE, 2010). Para a execução dessa pesquisa, foram abordados métodos bibliográficos e experimentais. De acordo com Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa bibliográfica é feita por levantamentos de referências teóricas já analisadas, e publicadas, por meio escrito e eletrônicos. Gil (2010) diz que pesquisa experimental “consiste essencialmente em

determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis capazes de influenciá-lo e definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto”.

No laboratório de Construção Civil da Faculdade Norte Capixaba (Multivix) e no Departamento de Estrada de Rodagem (DER), ambos na cidade de Nova Venécia – ES, realizou-se, primeiramente, ensaios de caracterização dos materiais utilizados para fabricação do concreto, a saber: granulometria do agregado graúdo e miúdo. Depois, confeccionou-se corpos de prova, de acordo com a NBR 5738 (ABNT, 2003), com dois diferentes tipos de traço de concreto e com proporções variadas de adições do pó de granito, ao qual foram ensaiados experimentalmente com o objetivo de verificação da resistência do concreto conforme aumento ou redução do resíduo.

### 3.1 SELEÇÃO DE MATÉRIAS PRIMAS PARA FABRICAÇÃO DO CONCRETO

Para a moldagem dos corpos de prova, utilizou-se como agregado miúdo a areia branca fina de jazida peneirada com diâmetro máximo de 0,30mm, conforme ensaio de granulometria NBR NM 248 (ABNT, 2003). O agregado graúdo foi a brita 0, cujo o diâmetro máximo foi de 9,5mm.

O cimento utilizado na pesquisa foi o cimento Portland de alta resistência inicial (CP V – ARI). Esse cimento é fabricado de clíquer + sulfato de cálcio (90-100%) com adição de material carbonático (0-10%), de acordo NBR 16697 (ABNT, 2018). A resistência inicial a compressão deste cimento, aos 7 dias, conforme NBR 6118 (ABNT,2014), é de 82% da resistência definida em projeto (fck).

O resíduo utilizado foi o pó de granito, fornecido pela empresa Norte Granitos Ltda., localizada no município de Nova Venécia, norte do Estado do Espírito Santo. Esse pó é obtido através do polimento de placas graníticas, em meio aquoso, ao qual é gerado uma lama densa com partículas bem reduzidas, que quando secam viram um pó de cor cinza. A Figura 1 mostra tal processo de produção que segue desde seu armazenamento, (Figura 1a), até a secagem, (Figura 1b), e desmanches dos “torrões” para dar origem ao pó, (Figura 1c).



**Figura 1:** (a) Tanque de armazenamento do resíduo; (b) Lama exposta ao sol por 7 dias para secagem (c) "torrões" originados pela secagem.  
Fonte: Autor (2019).

## 3.2 CARACTERIZAÇÃO DO AGREGADOS UTILIZADOS NO EXPERIMENTO

### 3.2.1 Agregado Graúdo

O agregado graúdo utilizado na confecção do concreto foi a Brita 0, obtida no Britador MCL. Para execução da sua caracterização granulométrica, separou duas amostras de 3000g, conforme NBR NM 248 (ABNT, 2003) e foi-se executado o peneiramento utilizando as peneiras da série normal e intermediária juntamente. Em seguida, separou-se duas amostras de 1000g e determinou sua massa específica, massa específica aparente e absorção de água conforme a norma NBR NM 53 (ABNT, 2003), com utilização da balança hidrostática da marca Bel, com mínimo de 0,1g e máximo 20000g. Para tal, efetuou-se a lavagem e pesagem do agregado em condição úmida e sua secagem em estufa com temperatura de 100° C até o peso constante. A Figura 2 apresenta o ensaio granulométrico do agregado graúdo.



**Figura 2:** (a) pesagem do agregado graúdo (brita 0) antes do ensaio granulométrico; (b) representação crescente da dimensão dos agregados graúdos.  
Fonte: Autor (2019)

### 3.2.2 Agregado Miúdo

O agregado miúdo utilizado foi a areia branca de jazida. Seu detalhamento granulométrico foi por meio de peneiramento a seco utilizando peneiras de série normal e intermediária, de acordo com a NBR NM 248 (ABNT, 2003), utilizando duas amostras de 382g. Separou-se duas amostras de 500g do material para obter sua massa, utilizando o frasco Chapman, em conformidade com a NBR 9776 (ABNT, 1987).

A granulometria da lama abrasiva também foi executada conforme NBR NM 248 (ANBT, 2003). Devido a sua alta finura e porcentagem de material pulverulento, foi feito por método de lavagem, normatizado pela NBR NM 46 (ABNT, 2003). Por esse método, pesou-se a amostra seca, colocou sobre a peneira de abertura 75 $\mu$ m, e após a lavagem foi submetido a secagem. A Figura 3 apresenta o ensaio granulométrico do agregado miúdo.



**Figura 3:** (a) pesagem do resíduo de polimento de placas graníticas; (b) representação das proporções e dimensão dos grãos do resíduo; (c) execução do ensaio de massa específica da areia branca de jazida.

Fonte: Autor (2019)

### 3.3 MOLDAGEM E CURA DOS CORPOS DE PROVA

Nesta pesquisa foram tomados os parâmetros propostos por Alves (2008). Sendo assim, os traços, o fator água/cimento e as porcentagens de adição de 10% e 20% foram os mesmos. Porém, foi acrescentado a porcentagem de 5% para verificar a influência do pó de granito em quantidade reduzida.

Diante disso, o estudo experimental obteve dois tipos de amostra, amostra A e B. Para cada amostra, realizou-se um traço (cimento, areia e brita) e uma relação a/c (água/cimento) diferente, porém sempre obtendo o mesmo tipo de concreto para

ambas, um convencional e uma para cada porcentagem de adição de resíduo pó granítico, 5%, 10% e 20%, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Traço das amostras estudadas

Tipo	Concreto	Traço	Fator a/c	Nº Corpos de Prova	
				7 dias	28 dias
A	Convencional (0% de adição RPG <sup>5</sup> )			3	3
	5% de adição RPG	1:1,4:1,65	0,45	3	3
	10% de adição RPG			3	3
	20% de adição RPG			3	3
B	Convencional (0% de adição RPG)			3	3
	5% de adição RPG	1:2,06:2,65	0,65	3	3
	10% de adição RPG			3	3
	20% de adição RPG			3	3

Fonte: Autor (2019)

A fim de verificar a resistência de cada traço, foram moldados 6 corpos de prova (CP) cilíndricos para cada tipo de traço com dimensões de 10x20 cm (diâmetro x altura), resultando um total de 48 CPs, conforme a NBR 5738 (ABNT, 2003).

Foram moldados, também, 4 corpos de prova, sendo prova e contraprova, para verificação da atividade pozolânica do resíduo, com moldes de dimensões de 5x10 cm (diâmetro x altura) em duas misturas de argamassas, conforme NBR 5752 (ABNT, 2014). Na primeira mistura, foi utilizado 100% de cimento, areia e água para um fator a/c de 0,5. Na segunda mistura foi utilizado 65% de cimento e 35% de pó de granito, areia e água com fator a/c de 0,55, ambos fatores necessários para produção de argamassa com índice de consistência de (225+/-5) mm.

Após 24 horas, os corpos de prova foram desmoldados e submergidos em um tanque com água e cal à temperatura ambiente, até a data dos ensaios de 7 e 28 dias. A Figura 4 mostra os corpos de prova nas diversas etapas de preparo.

<sup>5</sup> RPG – Resíduo de pó granítico.



**Figura 4:** (a) Moldagem dos corpos de prova de concreto (Tipo A e B); (b) Moldagem dos corpos de prova – ensaio pozolânico – de argamassa; (c) Corpos de prova retirados dos moldes com um dia e submergidos em água com cal para cura de 7 e 28 dias; (d) Moldes retirados da cura para realização do ensaio de compressão.

Fonte: Autor (2019)

### 3.4 ENSAIOS FÍSICOS REALIZADOS

#### 3.4.1 Abatimento do tronco de cone

A Figura 5 mostra a realização do ensaio de abatimento do tronco de cone para cada traço determinado, a fim de verificar a consistência do concreto em seu estado fresco, de acordo NBR NM 67 (ABNT, 1998).



**Figura 5:** Determinação da trabalhabilidade do concreto “Slump”.  
Fonte: Autor (2019).

#### 3.4.2 Compressão Axial

Esse ensaio foi realizado tanto nos corpos de prova para o concreto convencional e adição de resíduo, a fim de verificação da resistência, quanto para a argamassa, de modo a verificar atividade pozolânica do resíduo. Respeitando uma cura de 7 e 28 dias, todos os corpos de prova, foram submetidos a ensaios de compressão, conforme NBR 5739 (ABNT, 2007). Esse ensaio consiste na verificação da carga axial por compressão máxima que o concreto suportará até seu rompimento. O ensaio foi realizado tanto para verificação da resistência do concreto, quanto para verificação da atividade pozolânica do resíduo, porém respeitando a NBR 7215 (ABNT, 1996).

O equipamento de compressão utilizado para os ensaios foi o da SOLOTEST® conforme Figura 6, com capacidade para até 100 kgf (quilograma força), que permite controle manual de velocidade de avanço, a fim de permitir um melhor ajuste do corpo de prova na máquina.



**Figura 6:** (a) Equipamento para ensaio de compressão axial com grade de proteção; (b) sem a grade de proteção para melhor análise do material rompido.

Fonte: Autor (2019)

## 4 RESULTADOS

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO (GRANULOMETRIA) E MASSA ESPECÍFICA

A partir do peneiramento, obteve-se que a Brita 0 possui a maior porcentagem de massa retida na peneira de abertura 6,38mm, com pouco mais de 50% do material. O diâmetro máximo do agregado foi de 9,5mm e o módulo de finura médio de 2,82. A massa específica seca foi de 2,750g/cm<sup>3</sup>, massa específica saturada 2,765g/cm<sup>3</sup> e absorção de água equivalente a 0,55%.

De acordo com a NBR NM 248 (ABNT, 2003), modulo de finura é definido como “soma das porcentagens retidas acumuladas em massa de um agregado, nas peneiras da série normal, divididas por 100”.

A areia branca de jazida teve a maior porcentagem de massa retida na peneira de 0,150mm e foi considerada um material muito fino com modulo de finura equivalente a 1,36 e diâmetro máximo de 0,30mm. A massa específica média obtida desse material foi de 2,638g/cm<sup>3</sup>.

A lama abrasiva foi considerada um material muito fino, sendo 98,2% da sua amostra passante na peneira de 0,075mm.

#### 4.2 ATIVIDADE POZOLÂNICA DO RESÍDUO – METODO FÍSICO

Os resultados obtidos de resistência mecânica dos corpos de prova, aos 28 dias, de modo a determinar a atividade pozolânica do pó do granito estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados Ensaio de Pozolânico

Argamassa	Fator a/c	Resistência Média a Compressão Axial (MPa)	Índice de Atividade Pozolânica (%)
100% cimento (referência)	0,5	25,84	100
35% resíduo + 65% cimento (em volume)	0,55	13,32	51,55
Especificações NBR 12653	-	-	Mínimo 75

Fonte: Autor (2019)

O material pode ser considerado pozolânico quando o índice de pozolanidade for igual ou superior a 75%, ou seja, quando a média das resistências da argamassa com resíduo (35% resíduo e 65% cimento em volume) for igual ou superior a 75% do valor médio de resistência da argamassa pura (100% cimento). Assim, a argamassa constituída apenas por cimento obteve uma média de resistência de 25,84 MPa, enquanto a argamassa com resíduo apresentou resistência média de 13,32 MPa, correspondendo a um índice de 51,55% com relação à argamassa de referência. Logo o resíduo não pode ser considerado como material pozolânico, pois possui valor inferior ao estabelecido pela NBR 12653 (ABNT, 2014).

De acordo com a NBR 12653 (ABNT, 2014) materiais pozolânicos são “materiais silicosos que possui pouco ou nenhuma atividade aglomerante, mas quando em seu estado fino e na presença de água reagem com hidróxido de cálcio, à temperatura ambiente, formando compostos com propriedades aglomerantes.

#### 4.3 TRABALHABILIDADE DO CONCRETO EM SEU ESTADO FRESCO

O abatimento tronco de cone “slump” para os dois fatores a/c teve comportamento de resultados parecidos, pois à medida que se aumentava a quantidade de adição do pó de granito na massa de concreto o abatimento reduzia para ambos fatores, como mostrado na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados Ensaio de Abatimento Tronco de Cone

Traço Cimento:Areia:Brita	Fator a/c	Adição %	Abatimento Tronco de Cone (mm)
1:1,14:1,65	0,45	0	120
		5	95
		10	60
		20	40
1:2,06:2,65	0,65	0	265
		5	250
		10	235
		20	215

Fonte: Autor (2019).

De acordo com a Tabela 3, observa-se que para o fator a/c de 0,45, com o aumento de adição de mineral, há uma redução no abatimento tronco de cone, porém a trabalhabilidade para este fator diminui com a redução do abatimento. Desta forma, para acréscimo de 20% de adição de resíduo, pode-se dizer que a trabalhabilidade foi comprometida, tendo mais dificuldade no adensamento e manuseio da moldagem dos corpos de prova. Alves (2008) justifica tal comportamento devido à grande quantidade de finos e o baixo fator a/c torna a massa de concreto muito coesa. Para o fator água/cimento de 0,65, também há uma redução de abatimento tronco de cone, porém, ao contrário do fator 0,45, fisicamente, a trabalhabilidade para a montagem dos corpos de prova para este fator aumentou, pois a medida que se adiciona resíduo no concreto o estado de segregação deixa de existir e o concreto passa ser coeso. Conforme Neville (2016), “[...] um concreto trabalhável não deve segregar com facilidade, ou seja, que ele

deve ser coeso [...]”. Assim, pode-se concluir que, quanto menor a relação água/cimento, com a adição do pó de granito, menor o abatimento tronco de cone e menor a trabalhabilidade do concreto.

#### 4.4 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL

Os ensaios de compressão axial, geraram resultados de resistências médias, desvio padrão (DP) e os coeficientes de variação (CV) dos corpos de prova, de 7 e 28 dias, que estão especificados na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados Ensaio de Compressão Axial

		Resistência Média a Compressão Axial (MPa)							
a/c <sup>6</sup>	Concreto	0% de adição		5% de adição		10% de adição		20% de adição	
	Idade	7 dias	28 dias	7 dias	28 dias	7 dias	28 dias	7 dias	28 dias
0,45	Média	29,47	42,42	28,61	41,56	29,49	41,02	32,73	43,18
	DP <sup>7</sup>	1,73	0,82	1,23	3,14	2,06	0,6	1,18	0,7
	CV <sup>8</sup>	5,87	1,93	4,3	7,56	6,99	1,46	3,6	1,62
0,65	Média	12,30	17,39	23,13	26,53	16,25	20,83	13,49	18,56
	DP	0,5	0,93	0,61	1,78	0,26	0,39	1,32	0,69
	CV	4,06	5,35	2,64	6,71	1,6	1,87	9,79	3,72

Fonte: Autor (2019)

Considerando as médias, os concretos com fator a/c de 0,45 apresentam praticamente a mesma perda de resistência com a adição de 5 e 10% de resíduo, enquanto que com 20% de adição teve um leve aumento de 42,42 MPa (0% de adição) para 43,18 MPa, ou seja, apesar do acréscimo de 1,8%<sup>9</sup> da resistência, esse concreto pode não ser o mais ideal, visto que com 20% de adição apresentou pouca trabalhabilidade, devido uma maior coesão das partículas. Tais resultados informam que pode haver aumento de resistência, porém com menor trabalhabilidade do concreto, sendo necessário, talvez, o uso de aditivos plastificantes ou superplastificantes, que podem melhorar a questão de trabalhabilidade.

O fator a/c de 0,45 praticamente se mostrou constante até 10%, porém com a adição de 20% nota-se um leve aumento em sua resistência. Já o fator a/c de

<sup>6</sup> Relação água/cimento utilizado no concreto.

<sup>7</sup> Desvio Padrão (MPa) das resistências obtidas em ensaio.

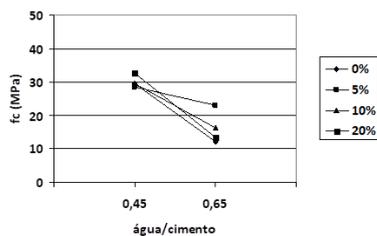
<sup>8</sup> Coeficiente de Variação (%) das resistências obtidas em ensaio.

<sup>9</sup> Conforme Alves (2008), visto que em seu estudo, as resistências tiveram um ligeiro acréscimo de 0% para 20%.

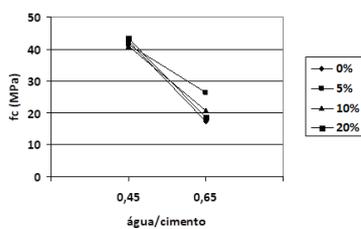
0,65, o teor ideal de adição do pó de granito é 5%, tomando como base o aumento da resistência de 17,39 MPa (adição de 0%) para 26,53 MPa. Verifica-se que conforme aumenta o percentual de adição o resíduo deixa de fazer efeito no concreto, ou seja, o material fica inerte a uma certa quantidade de adição.

Desta forma, o resíduo pode ser classificado como um material fíler. De acordo Neville (2016), fíler é um material finamente moído, próximo da finura do cimento, que possui propriedades físicas que causam efeito benéfico nas propriedades do concreto, e que em geral são quimicamente inertes, pois não reagem de maneira prejudicial com os produtos da pasta de cimento hidratada. Um dos benefícios do material fíler é o preenchimento dos vazios, chamado de empacotamento de partículas. Castro e Pandolfelli (2009) definem empacotamento de partículas como a capacidade de preencher os espaços vazios, deixados por partículas com maior diâmetro, com as de menor diâmetro. Assim, para o fator  $a/c$  de 0,65, o efeito fíler ocorre com a adição de 5% de pó de granito, sendo que para as demais adições esse efeito deixa de existir e o material passa a ser inerte.

Com base nos resultados obtidos de compressão axial, as curvas de Abrams foram geradas em gráficos tensão versus teor água/cimento, aos 7 e 28 dias de cura, ao qual podem ser encontradas na Gráfico 1.



(a)



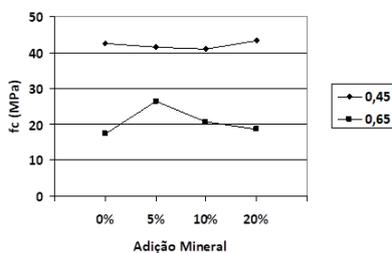
(b)

**Gráfico 1:** Curvas de Abrams: (a) Compressão axial aos 7 dias; (b) Compressão axial aos 28 dias.

Fonte: Autor (2019)

Pelo Gráfico 1, percebe-se que tanto para 7 dias quanto para 28 dias houve um decréscimo de resistência com o aumento do fator a/c. Sendo que a maior redução ocorreu a 5% de adição do resíduo pó granítico, ou seja, cerca de 58% de 0,45 para 0,65 nos 7 dias e 60% de 0,45 para 0,65 aos 28 dias. De acordo Neville (2016), “quando o concreto está plenamente adensado, sua resistência é considerada inversamente proporcional à relação água/cimento”. Isso acontece, porque quanto maior for a relação a/c, mais poroso será o concreto e conseqüentemente menos resistente.

O Gráfico 2 mostra as variações da tensão com o aumento da adição de pó de granito. Nota-se que a variação de resistência é mínima para o fator a/c de 0,45, já para o fator a/c de 0,65, ocorre um aumento com 5% de adição do resíduo, apesar de apresentar uma menor resistência comparado ao fator de 0,45.



**Gráfico 2** – Resultado do ensaio de compressão axial aos 28 dias.

Fonte: Autor (2019)

Por fim, os resultados mostram que com a adição do pó do granito as resistências se mantiveram praticamente estáveis, não apresentando quedas significativas, o que já torna os resultados positivos, pois além do leve aumento de resistência apresentado, essa adição pode trazer melhorias ao concreto tornando-o, possivelmente, mais durável e gerando uma forma correta de destinação final do pó granítico.

## 5 CONCLUSÃO / CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve como objetivo a influência da adição do pó resultante do polimento de placas graníticas no concreto, a fim de identificar possíveis benefícios que este material poderia fornecer. A partir de ensaios experimentais, concluiu-se que este resíduo é muito fino, possuindo granulometria semelhante ao cimento. Constatou-se que o material estudado não é pozolânico, pois o índice obtido de 51,55% foi menor que o mínimo de 75% para ser considerado reativo.

Observou-se que conforme se aumentou o teor de adição nos corpos de prova com relação água-cimento ( $a/c$ ) de 0,45, foi comprometida a trabalhabilidade, tornando-se mais coeso que o adequado. Isso é justificado pelo excesso de materiais finos no concreto que provoca maior absorção da água, propiciando dificuldade no adensamento. Em relação a resistência, conclui-se que a porcentagem ideal para esse fator  $a/c$  é de 20%. Porém, não é indicado, devido à dificuldade de manuseio e aumento de resistência não considerável quando comparado ao convencional.

Para o fator  $a/c$  de 0,65, obteve-se uma melhoria em sua trabalhabilidade, visto que no concreto padrão houve exsudação dos agregados para com a pasta de cimento e em concordância ao aumento do teor de resíduo. Também se verificou um aumento na coesão, apesar de continuar com o abatimento além do apropriado. Quanto a resistência de compressão dos corpos de prova para essa relação, notou-se que a porcentagem ideal de adição é de 5%, pois quando se eleva este quantitativo, o material passa a ser inerte, considerado um material fíler, não aumentando a resistência nem prejudicando o concreto. Devido ao alto fator  $a/c$ , trata-se de um concreto mais poroso. Diante disso, o pó de granito atua no preenchimento de vazios, ou seja, no empacotamento de partículas.

Por fim, constatou-se que a adição do resíduo não resulta em benefícios consideráveis na resistência à compressão, pois o aumento é pouco significativo. Porém, o resíduo também não é prejudicial ao concreto, o que justifica seu uso, fornecendo a estes resíduos uma destinação final mais eficiente.

## 5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Tendo em vista que o resíduo granítico não possui atividade pozolânica, sendo um filer, aconselha-se ensaios com teores de resíduo entre 5 e 10%, a fim de encontrar a resistência máxima que o material pode fornecer ao concreto. Sugere-se estudos considerando a substituição parcial de areia fina de jazida pelo RPG. Propõe-se ainda a realização de estudos com adições minerais diferentes, de outras composições.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIROCHAS – Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais. **Balanco das Exportações e Importações Brasileiras de Rochas Ornamentais em 2017**. Disponível em: <<http://abirochas.com.br/>>. Acesso em: 01 nov. de 2019.

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil de 2009**. Disponível em: < <http://abrelpe.org.br/download-panorama-2009/>> Acesso em: 02 out. de 2019.

ALVES, Moisés Silva. **Estudo das características e da viabilidade do uso de resíduos gerados no polimento de rochas graníticas como adição em concretos**. 2008. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/ISMS-7HXJ25>>. Acesso em: 01 nov. de 2019.

ANDRADE, Maria Margarida de. **Introdução à metodologia do trabalho científico**. 10. ed. São Paulo: Atlas S.a, 2010. 158 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, ABNT, 2003. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Concreto - Ensaio de Compressão de Corpo-de-prova Cilíndricos. Rio de Janeiro, ABNT, 2007. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5752**: Materiais Pozolânicos – Determinação do índice de desempenho com cimento Portland aos 28 dias. Rio de Janeiro, ABNT, 2014. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento. 3.ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2014. 238 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215**: Cimento Portland – Determinação da resistência a compressão. Rio de Janeiro, ABNT, 1996. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7217**: Agregados - Determinação da Composição Granulométrica. Rio de Janeiro, ABNT, 1987. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9776**: Agregados - Determinação da Massa Específica de Agregados Miúdos por Meio do Frasco Capman. Rio de Janeiro, ABNT, 1987. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos Sólidos - Classificação. 2 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 71 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12653**: Materiais Pozolânicos - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16697**: Cimento Portland – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2014. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 46**: Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75µm, por lavagem. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 53**: Agregado Graúdo – Determinação da Massa Específica, Massa Específica Aparente e Absorção de água. Rio de Janeiro, 2003. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67**: Concreto - Determinação da Consistência pelo Abatimento do Tronco de Cone. Rio de Janeiro, 1998. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248**: Agregados – Determinação da Composição Granulométrica. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.

AZEVEDO, Marina Álvares de; CABRAL, Stênio Cavalier. Materiais alternativos para adição ao cimento Portland. **Revista Vozes dos Vales: Publicações Acadêmicas**. n.10, ano V, 2016. Disponível em: <<http://site.ufvjm.edu.br/revistamultidisciplinar/files/2016/09/Stenio23.pdf>> Acesso em: 01 nov. 2019.

BARBOSA, Rildo Pereira; IBRAHIN, Francini Imene Dias. **Resíduos Sólidos**: Impactos, Manejo e Gestão Ambiental. São Paulo: Erika, 2014.

BECHARA, Erika et al (Org.). **Aspectos Relevantes da Política Nacional de Resíduos Sólidos: Lei 12.305/2010**. São Paulo: Atlas S.a, 2013.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos; MARCHETTI, Osvaldemar. **Concreto Armado eu te amo**. 3. ed. São Paulo: Edgar Blucher Ltda, 2002. 422 p.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos; MARCHETTI, Osvaldemar. **Concreto Armado eu te amo: volume I**. 9. ed. São Paulo: Blucher, 2018. 536 p.

BRASIL, **Lei 12.305/2010 – Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Presidência da República, Brasília.

CAMPOS, Antonio Rodrigues de; CASTRO, Nuria Fernández. **Tratamento e Aproveitamento de Resíduos de Rochas Ornamentais**. 2007. Disponível em: <<http://www.cetem.gov.br/images/congressos/2007/CAC00900007.pdf>>. Acesso em: 01 nov. de 2019.

CASTRO, A. L.; PANDOLFELLI, V. C. Revisão: Conceitos de dispersão e empacotamento de partículas para a produção de concretos especiais aplicados na construção civil. *Ceramica*, São Paulo, v. 55, n. 555, p. 18-32, 2009.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 313/2002**. Diário Oficial da União. Brasília – DF.

FILHO, C. R. V da Silva; SOLER, F. D. **Gestão de Resíduos Sólidos: O que diz a lei**. 3. ed. atual. e rev. São Paulo: Trevisan Editora, 2015.

FUSCO, Péricles Brasiliense; ONISHI, Minoru. **Introdução à Engenharia de Estruturas de Concreto**. São Paulo: Cengage, 2017. 264 p.

GALVÃO, J. K. L. et al. Materiais alternativos para adição ao cimento Portland dosagem utilizando resíduos da palha da soja. **23º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos materiais**. Foz do Iguaçu, 2018. Disponível em:<<http://cbecimat.com.br/anais/PDF/IIg07-011.pdf>> Acesso em: 01 nov. 2019.

GASQUES, Ana Carla Fernandes et al. Impactos Ambientais dos Materiais da Construção Civil: Breve Revisão Teórica. **Revista Tecnológica**, Maringá, v. 1, n. 23, p.13-24, 2014. Semestral. Disponível em: <<http://eduem.uem.br/laboratorio/ojs/index.php/RevTecnol/article/view/23375/14566>>. Acesso em: 02 nov. de 2019.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas S.a, 2010. 184 p.

GONÇALVES, Jardel Pereira. **Utilização do resíduo de corte de granito (RCG) como adição para produção de concretos**. 2000. 135 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000. Disponível em:

<<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/1676/000305830.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 01 nov. de 2019.

GUERRA, Sidney. **Resíduos Sólidos: Comentários à Lei 12.305/2010**. Rio de Janeiro: Forense, 2012. 194 p.

MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M. **Concrete: Microstructure, Properties, and Materials**. 3. ed. United States Of America: Mcgraw-hill Education, 2006.

NEVILLE, Adam M. **Propriedades do Concreto**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do Concreto**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

OLIVEIRA, Dione da Costa et al. Compósitos em concreto verde com adição de cinzas de casca de café. **2º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos**. Foz do Iguaçu, 2019. Disponível em: <<https://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2019/VII-031.pdf>> Acesso em: 01 nov. 2019.

PEDROSO, Fábio Luiz. Concreto: as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem. **Concreto & Construções: Concreto: material construtivo mais consumido no mundo**, São Paulo, v. 1, n. 53, p.14-19, 2009. Trimestral. Disponível em: <[http://ibracon.org.br/publicacoes/revistas\\_ibracon/rev\\_construcao/pdf/Revista\\_Concreto\\_53.pdf](http://ibracon.org.br/publicacoes/revistas_ibracon/rev_construcao/pdf/Revista_Concreto_53.pdf)>. Acesso em: 05 de nov. de 2019.

PINHEIRO, Antonio Carlos da Fonseca Bragança; CRIVELARO, Marcos. **Materiais de Construção**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2016.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2 ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

ROCHA, Camila Aparecida Abelha. **Estudo de concretos com adições minerais de resíduo de corte de rocha e de blocos cerâmicos moídos**. 2008. 129 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2008. Disponível em: <[http://uenf.br/Uenf/Downloads/LECIV\\_1693\\_1250195953.pdf](http://uenf.br/Uenf/Downloads/LECIV_1693_1250195953.pdf)>. Acesso em: 02 nov. 2019.

TASHIMA, Mauro Mitsuuchi et al. Reaproveitamento da cinza de casca de arroz na construção civil. **Holos Environment**, v. 11, n. 1, p. 81-89, 2011.

## **ESTUDO SOBRE PROPRIEDADES DO RESÍDUO DE GESSO ACARTONADO RECICLADO NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Helenice Almeida Moreira Turiel<sup>1</sup>, Edson Pires Junior<sup>1</sup>, Tainara Trindade Cravo<sup>1</sup>, Lucas Fernandes da Silva Goltara<sup>2</sup>

- 1- Acadêmicos do curso de Engenharia Civil
- 2- Engenheiro Civil – Professor Multivix - São Mateus

### **RESUMO**

Uma boa administração do canteiro de obras não tem como objetivo único o cumprimento da legislação e a gestão ambiental. Agrega qualidade e produtividade, contribuindo para a números menores de acidentes de trabalho, além de reduzir os custos da produção dos empreendimentos e com locais para destinação dos resíduos de construção e demolição (RCD). O grande bônus para o meio ambiente é a menor produção de RCD e, conseqüentemente, o menor uso dos recursos naturais. Uma problemática da geração de resíduos de gesso é o descarte de seus despojos em bota-foras e aterros irregulares, com um controle desordenado do volume e sem nenhuma estimativa. O descarte dos resíduos de PGA's (Placas de gesso acartonado) em aterros sanitários comuns resulta na toxidade do solo e a dissolução dos seus componentes pode deixá-lo inflamável e inapropriado. O presente trabalho mediante um estudo bibliográfico comparativo dos resultados de artigos científicos experimentais, buscou estudar sobre as propriedades físicas e mecânicas do resíduo de PGA provenientes da Construção Civil (CC). A verificação dos resultados demonstrou a viabilidade da reciclagem, pois após comparação, as propriedades atendem aos padrões regulamentadores da ABNT.

Palavras-chave: Gesso, Propriedades, Resíduos.

### **ABSTRACT**

A good administration of the construction site does not have the sole objective of complying with legislation and environmental management. It adds quality and productivity, contributing to a lower number of accidents at work, in addition to reducing the production costs of the enterprises and with places for the destination of construction and demolition waste (RCD). The big bonus for the environment is less RCD production and, consequently, less use of natural resources. A problem with the generation of gypsum waste is the disposal of its remains in dumps and irregular landfills, with a disorderly control of the volume and without any estimate. The disposal of PGA's (plasterboard) waste in common landfills results in soil toxicity and the dissolution of its components can make it flammable and inappropriate. The present work, through a comparative bibliographic study of the results of experimental scientific articles, sought to study the physical and mechanical properties of the PGA residue from Civil Construction (CC). The verification of the results demonstrated the viability

of recycling, because after comparison, the properties meet the regulatory standards of ABNT.

Keywords: Plaster, Properties, Waste.

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente o Brasil passa por graves problemas envolvendo a destruição da natureza. O motivo desta apreensão são os danos provocados principalmente pela ação do próprio homem, o que já vem ocorrendo há um bom tempo.

Segundo John (2000), a humanidade carrega um histórico de confundir a visão de progresso com a extração exacerbada dos recursos naturais, que eram vistos como ilimitados. Resíduos gerados durante a produção, ou até mesmo quando não tinham mais utilidade, eram descartados de qualquer maneira e a céu aberto, caracterizando um modelo linear de produção. Com a poluição aumentando, surgiram legislações rígidas limitando a emissão de gases contaminantes, e foram criados os chamados de agentes ambientais. Desde então, o pensamento sustentável tem se tornado mais presente na sociedade.

O grande avanço do Brasil na economia, aumentou a demanda por serviços no setor de construção, e conseqüentemente o acentuado despejo de resíduos na natureza. Com o passar do tempo, os profissionais da CC, começaram a buscar a otimização da duração de uma obra e alinhar seus serviços com o intuito de evitar ao máximo, possíveis agressões ao meio ambiente.

Na visão de Fraga (2013), o gesso está inserido na indústria da CC a muito tempo atrás, e vem sendo frequentemente utilizado em suas variadas formas, logo, geram enormes quantidades de resíduos. Segundo Pinheiro (2011), os resíduos de gesso se ramificam em diversas fases e se apresentam ao longo de toda produção, do início da extração do material até sua fabricação

e utilização, se apresentando na etapa construtiva, no canteiro de obra até a sua finalização e posteriormente, considerando o tempo de vida útil de uma construção na sua demolição, seu descarte inadequado pode contaminar o solo e o lençol freático. Levando em consideração que os despojos de gesso, mais precisamente das placas de gesso acartonado, são despejados em grande quantidade nos locais inapropriados, causando um enorme problema ambiental, a reciclagem do material além ocasionar na redução de passivos em aterros, acarretará um menor consumo da matéria prima.

Posto isso, o presente projeto apresenta um estudo acerca da viabilidade do reuso dos resíduos de PGA provenientes da CC, analisando se as propriedades do material reciclado atendem às normativas.

Esta pesquisa comparou os requisitos físicos e mecânicos do gesso, correlacionando o que descrevem as normas delimitadoras de tais parâmetros em relação a experimentos feitos em resíduos de PGA reaproveitados da construção civil.

Por limitações decorrentes do tempo e de não serem estudos restritos somente a engenharia civil, foi inviável o comparativo de natureza química como a água livre, água de cristalização, óxido de cálcio e anidrido sulfúrico, relacionados ao gesso, que constam em normas e feitos pelos autores estudados neste artigo.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 A ORIGEM DO GESSO**

A utilização do gesso na área da Construção Civil remonta uma história de aproximadamente 8000 a.C., onde se usava em sua forma mais crua de pedra natural na Anatólia (Turquia moderna) e na Síria. O seu desenvolvimento começou em construções e decorações na Babilônia, Mesopotâmia e Assíria (RIBEIRO, 2006 apud APOLINÁRIO, 2015, p.16).

Os estudos apontam que o gesso já era muito utilizado pelos antigos egípcios na fabricação de blocos, a matéria prima era esmagada e misturada à água. Essas metodologias foram utilizadas na construção de tumbas e grandes pirâmides, como a de Quéops. (RIBEIRO, 2006)

Entre os séculos III e IV foram citadas gesseiras na Ásia antiga na obra “Tratado sobre a Pedra” do filósofo Theophraste, onde indicava que já se usava o gesso como aglomerante nas esculturas. (BALTAR; BASTOS; LUZ, 2008)

Na alta idade média com a técnica de pintura afresco, o gesso foi muito utilizado como decoração pela igreja católica. (SILVA, 2010) Um documento de 1292, já citava a exploração de gesso na capital da França: ele era utilizado com matéria-prima de argamassas, obras de chaminés e acabamento de recintos (MUNHOZ, 2008).

A partir dos anos 1700 da era moderna houve uma popularização da utilização do gesso na Europa para correção de solos (BALTAR; BASTOS; LUZ, 2008). Nessa mesma época todos os prédios franceses eram feitos com madeira e assentados com gesso, material este que era um dos principais utilizados nas construções novas e reformas (MUNHOZ, 2008).

A tecnologia melhorada devido a evolução industrial tornará a geração de gesso menos rudimentar desde o início do século passado (SILVA, 2010).

Hoje em dia o gesso é um produto de vanguarda e embora seu uso tenha se generalizado na indústria da construção civil, ainda há muito espaço para crescimento e descobertas para seu uso no mercado, com os benefícios ecológicos... (RIBEIRO, 2006, p.9).

A gipsita é o sulfato de cálcio hidratado cujo a fórmula química é  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , um mineral encontrado na superfície terrestre, sendo encontrada na composição mineralógica de um tipo particular de rocha sedimentar, o gipso. Em virtude do minério de gipsita originar-se por evaporação de sua fase líquida em bacias sedimentares, como a bacia

exibida na figura 01, a rocha também é particularmente conhecida como evaporito (JONN; CINCOTTO, 2007).

Figura 01 – Bacia sedimentar de mineração de gipso



Fonte: CAMAROTTO, 2011, apud CAETANO; COSTA, 2017

A produção através do mineral gipso é dividida em três etapas: Primeiro é extraída a matéria-prima, o segundo passo é a moagem ou britagem e por último é feita a calcinação originando o gesso comercial. (MUNHOZ; RENOFIO, 2007). A calcinação é o processo endotérmico onde são retirados da gipsita a água, gás carbônico e outros gases (CAMPOS et al., 2018).

Posterior a calcinação do mineral, segundo Bauer (2000), formam-se os seguintes sulfatos: em temperaturas de 100° a 180°, dois semi-hidratos, alfa e beta que são os dois tipos de gesso usuais; temperaturas de 100° a 300°, dois sulfatos-anidros solúveis, que derivam dos semi-hidratos e acima de 300°, sulfato-anidro insolúvel.

A gipsita calcinada sob pressão baixa e a seco originará o semi-hidrato beta e caso seja feita com vapor de água obterá-se o alfa. O beta é predominante na construção civil brasileira, devido ao custo menor de ser produzido, já o alfa é mais utilizado como gesso hospitalar por ter tempo

menor de pega e resistência mecânica maior. (CINCOTTO et al., 1988 apud RIBEIRO, 2006)

“O sulfato-anidro insolúvel não é suscetível a reidratação rápida, sendo praticamente inerte, e, por esse motivo, participa do conjunto como material de enchimento, como a areia na argamassa.” (BAUER, 2000, p. 26)

A bacia do Araripe (PE) é a maior jazida do país onde 95% da gipsita do Brasil é extraída. Existe uma jazida na bacia de Camamu (BA) estimada em ser maior até três vezes que a de Araripe e com produção para até 200 anos. Há a previsão de operarem em Camamu em 2020, com investimentos na ordem dos R\$ 20 milhões e transporte de seis caminhões a cada hora no pico da produção (JORNAL VALENÇA AGORA, acesso em 04 de abr. 2020).

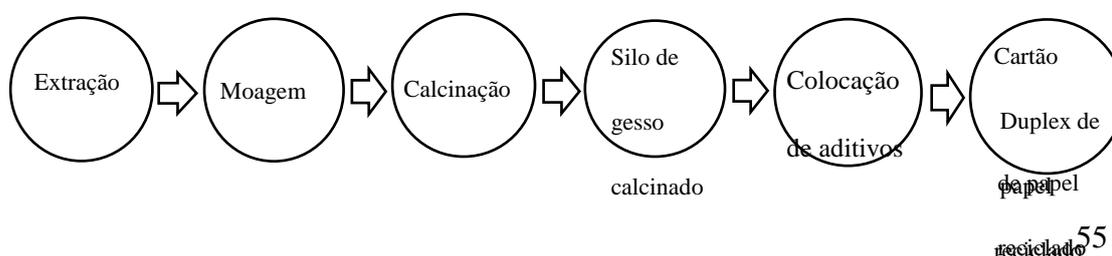
## 2.2 PRODUÇÃO E APLICAÇÃO DO GESSO ACARTONADO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

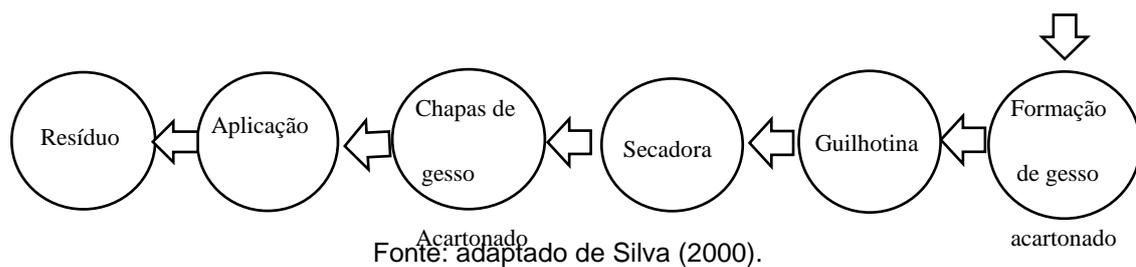
As PGA's foram desenvolvidas nos Estados Unidos, no século XIX, por Augustine Sackett. Inicialmente as placas eram de espessuras finas e seus moldes de fabricação eram rasos, e produzidos um após o outro, e era aplicado como base de acabamento (HARDIE, 1995 apud NUNES, 2015).

No Brasil teve início já no século XX, por volta da década de 1970, quando surgiu a primeira fábrica no Brasil para produção de PGA a Gypsum, localizada em uma cidade Pernambucana chamada Petrolina. Simultaneamente, representantes do setor da CC começaram a se esforçar para inserir métodos e meios racionalizados de se construir através de sistemas pré-fabricados (MITIDIERI, 2009).

O gesso é basicamente produzido, conforme figura 02:

Figura 02 – Fluxograma de fabricação de PGA





Para Ribeiro et al. (2013), PGA é um material obtido basicamente pela prensagem de gesso e papel reciclado, sendo produzidas industrialmente placas que vêm sendo utilizadas como paredes, para revestimentos e forros, proporcionando a engenharia civil uma nova possibilidade construtiva.

O gesso acartonado ou drywall são chapas constituídas de gesso comprimido entre folhas de papel cartão. Possuem largura de 1,2m e comprimento que varia entre 1,8m a 3m. São 3 tipos principais de drywall: ST, de uso geral; RU, para ambientes úmidos e RF que são as resistentes ao fogo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DRYWALL, 2012).

Através dos desenvolvimentos progressivos, a indústria da CC tem buscado alternativas apropriadas como opção ao sistema convencional de alvenaria que já é considerado ultrapassado por muitas empresas do ramo. Uma alternativa é a aplicabilidade do modo de construção a seco, que se dá com o uso de PGA, principalmente como componentes de forros e vedações verticais e conforme mostram as figuras 03 (NUNES, 2015).

Figura 03 – Instalação de forro e vedações verticais de PGA



Fonte: o autor

As construções com o emprego de PGA vem se destacando no ramo da CC, tornando o ramo imobiliário mais exigente, e aos poucos as construções em alvenaria vem perdendo espaço nas áreas internas das edificações, por não utilizar água e nem mesmo o cimento, ou seja, uma obra seca e limpa (FERREIRA; VISENTIM; PINTO, 2016).

PGA é vantajoso devido ao seu tipo de construção racionalizada, que demanda a execução apenas uma vez, o construtor terá menos retrabalho ou esperas, atende o cliente com facilidade, eleva o nível de limpeza na construção como nas figuras 04 e 05, visto que a aplicação de um pré-moldado se comparado ao método tradicional de chapisco, emboço e reboco, por conseguinte o emassamento produz muito mais resíduos e poluição visual na obra. A rentabilidade financeira não é o único proveito para quem opta por tais meios construtivos, há resultados físicos que trazem economias indiretas as quais influenciam no custo global da obra (JUNIOR, 2008).

Figura 04 –Armação para colocação de PGA



Fonte: o autor

Figura 05 – Instalação de PGA



Fonte: o autor

### 2.3 A RECICLAGEM DOS RESÍDUOS DE GESSO ACARTONADO

O gesso está entre os materiais mais utilizados no mercado mundial da construção por ter alta capacidade em resistência, elevada durabilidade, pequeno custo e isolamento térmico e acústico (CAETANO; COSTA, 2017). É descartado em grande quantidade na construção civil, sendo atualmente uma das grandes preocupações dos ambientalistas (SANTOS et al., 2018).

Savi (2012), descreve que o gesso, quando hidratado e utilizado na fabricação de placas, molduras e estátuas, retoma as características da rocha que o originou. Assim a reciclagem pode ser feita da mesma maneira que se produz o gesso natural, que consiste na moagem, calcinação e pulverização. A reciclagem do gesso, além de reduzir o passivo ambiental e promover a sustentabilidade do segmento, pode ajudar no desenvolvimento de uma nova atividade econômica e produzir ganhos sociais ao processo.

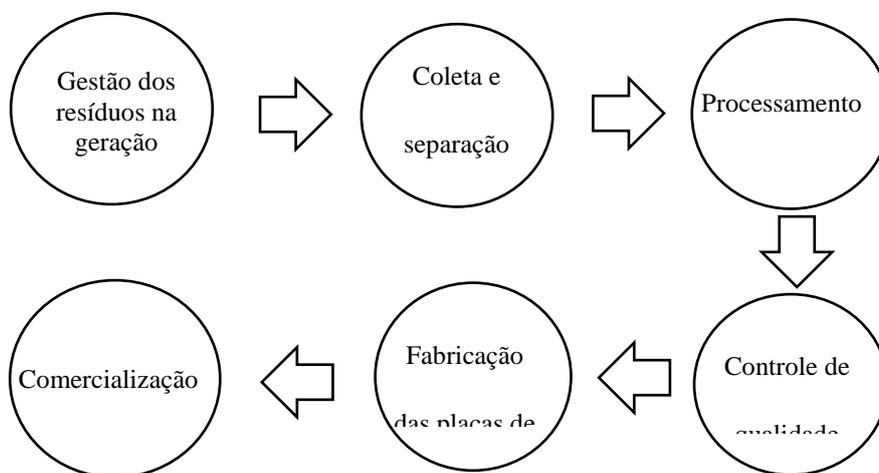
Há diferentes formas de aplicar os resíduos de gesso. São utilizados na área de CC como fabricação de pré-moldados de gesso, na agricultura para controle do pH do solo, controle de odores em estábulos, secagem de lodo de esgoto e na indústria de produção do gesso, reprocessando os resíduos dos produtos pré-moldados (MUNHOZ, 2008 apud APOLINARIO, 2015, p. 27).

Os resíduos oriundos pela CC e demolição representam uma grande parcela dos resíduos sólidos urbanos, estima-se que 4% de entulhos provindos da CC são de produtos de gesso (APOLINÁRIO, 2015).

Apolinario (2015), enfatiza que a reciclagem do gesso é imprescindível para o desenvolvimento sustentável. Contudo, para que este processo seja viável é importante que tal procedimento consuma um mínimo de energia, entretanto, se o material obtido apresentar propriedades equiparáveis ao industrial, então o material reciclado poderá ser utilizado. Ainda afirma ser provável produzir um material equiparável ao gesso industrializado, ao verificar a possível reutilização, para a produção de argamassas de gesso, do resíduo.

Conhecendo-se a composição dos resíduos de gesso e fazendo um controle do descarte dos mesmos, torna-se possível sua reciclagem através da reinserção de PGA no processo de produção conforme ilustrado na figura 06. (MARCONDES, 2007).

Figura 06 – Processo de reciclagem e fabricação com a utilização de resíduos de PGA



Fonte: Adaptado de MUNHOZ & RENÓFIO (2006).

Do ponto de vista de Vasques et al. (2019), os resíduos quando despejados de forma inadequada, deixam a natureza exposta a riscos de contaminação. Posto isso, uma das maneiras mais eficientes de evitar problemas ambientais é a reciclagem do resíduo. Restos de placas lisas de gesso para gesso acartonado e forro podem ser usados no processo de

reciclagem, no entanto, serão necessárias mais pesquisas para a confirmação de que suas propriedades realmente estão de acordo com a ABNT.

Devido ao grande crescimento da CC e com o a chegada de novas tecnologias de construção, passou-se a considerar os resíduos como materiais renováveis, o que tem sido de extrema importância para o mercado e na persistência do mesmo em soluções sustentáveis, com responsabilidades voltadas a preservação ambiental, buscam-se novas tecnologias objetivando o reaproveitamento do resíduo para que se diminua a extração excessiva da matéria prima (BETSUYAKU; JUNIOR; VALADÃO, 2015).

Os resíduos podem ser apresentados no estado sólido, conforme figura 07 e semi-sólido. Estes materiais são resultantes de atividades exercidas pelo homem, podem ter origem industrial, comercial, doméstica, agrícola etc. Os lodos que inclusive, não deveriam estar acumulados no esgoto de redes públicas ou em escopos de água também são resíduos (NBR 10004 - ABNT, 2004).

Figura 07 –  
PGA

Resíduo de



Fonte: VASQUES (2019).

No Brasil foi estabelecida, em 2002, a resolução 307 do CONAMA, a qual regulamentou a disposição final dos RCD de gesso, especificados como resíduos da classe “C”, sem reciclagem e com necessidade de tratamentos especiais (CONAMA, 2002). Essa consideração foi revista em 2011 por meio da Resolução 431 do CONAMA (BRASIL, 2011), os resíduos de gesso foram inseridos na classe “B”, e passaram a ser considerados resíduos recicláveis. A tabela 1 apresenta dados sobre o volume de RCD de gesso em algumas cidades brasileiras.

Tabela 1: Volume de resíduos de gesso gerados durante as atividades de construção e demolição no Brasil.

Localidade	Atividade	Resíduo gerado	Fonte
Londrina - PR	construção	15%	Levy e Helene (1997, <i>apud</i> NETO,2005)
Campina Grande - PB	construção	15%	Nóbrega (2002)
São Carlos - SP	construção/ demolição	1%	Neto (2005)
Petrolina - PE	construção/ demolição	3%	Pinheiro, Pereira Junior e Camarini (2009)
Recife - PE	construção/ demolição	4%	Ribeiro (2006)
Campinas - SP	construção	28%	Camarini, Pimentel e Sá (2011)

Fonte: Adaptado de Pinheiro (2011).

### 3. METODOLOGIA E MÉTODO DA PESQUISA

Para realização desse trabalho foi utilizada uma metodologia bibliográfica, que vai contribuir para a sustentação teórica do mesmo, buscando o desenvolvimento da pesquisa com uma gama de fundamentação significativa.

A pesquisa bibliográfica, ou de fontes secundárias, envolve toda bibliografia em relação ao tema de estudo já publicada. Corresponde a vários tipos de publicações avulsas, boletins, jornais, revistas, livros, pesquisas, monografias, teses, material cartográfico, até meios de comunicação orais, entre outros. Sua finalidade é que o pesquisador tenha acesso a todo material já escrito a respeito do assunto pesquisado, ela propicia o exame de um tema

sobre um novo olhar, possibilitando novas conclusões (MARCONI; LAKATOS 2008).

A técnica usada para a coleta de dados foi através de pesquisas bibliográficas, onde obtivemos diversas informações e relatos de autores que abordam o assunto.

Para coleta de dados foram utilizadas fontes de pesquisas em sites devidamente confiáveis, artigos científicos, com a finalidade de dar continuidade para conclusão do trabalho e agregação de conhecimento.

Após feita toda seleção e análise dos dados coletados, estes foram submetidos a uma nova etapa de verificação mais crítica e pontual, apresentados e averiguados tirando a melhor interpretação para uma finalização concisa e coesa.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Usou-se como referência o comparativo entre artigos científicos experimentais com abordagem nas propriedades físicas e mecânicas do gesso acartonado comercial em relação ao reciclado, respondendo a abordagem proposta se é possível atender as propriedades das NBR 12.129 (ABNT, 2017b), NBR 12.127 (ABNT, 1991), NBR 12128 (ABNT, 2017a) e NBR 13207 (ABNT, 2017c), para os PGAs reciclados.

De todos os parâmetros descritos nas referidas normas foram evidenciados para comparativo a resistência à compressão, dureza superficial, massa unitária e tempo de pega. Como base para fundamentação deste trabalho foram utilizados os resultados dos artigos “Gesso reciclado: avaliação de propriedades para uso em componentes”. (PINHEIRO, 2011); “Determinação das propriedades físicas e mecânicas do gesso reciclado proveniente das chapas de gesso acartonado”. (ERBS, 2015) e “Análise das propriedades físicas e mecânicas de gesso reciclado a partir de resíduos da construção civil”. (VASQUES et al, 2019), denominados respectivamente de pesquisas A, B e C.

Como etapa preliminar, foram realizadas análises dos resultados obtidos nos artigos selecionados. Foi possível comparar através dos experimentos realizados pelos autores o comportamento do gesso comercial e reciclado nos estados pó, pasta fresca e no estado endurecido.

Em relação ao estado pó foi constatada a massa unitária através do ensaio granulométrico, para pasta fresca obteve-se o tempo de pega por instrumento de Vicat e no estado endurecido foram encontradas a resistência a compressão e dureza superficial por intermédio da prensa hidráulica e do procedimento de mini slump, respectivamente.

De acordo com tabelas da pesquisa A, as propriedades físicas e mecânicas no estado endurecido do gesso reciclado apresentaram-se compatíveis com as do comercial. Foi constatada alterações no seu estado fresco como: redução da trabalhabilidade/fluidez; redução no tempo de pega, relacionadas possivelmente com a diminuição da massa unitária e alterações em sua distribuição granulométrica do material em pó, não indentificada na avaliação utilizada neste estudo, quando se trata do gesso reciclado (GR) (PINHEIRO, 2011).

O comportamento da pasta endurecida reciclada apresentou redução na permeabilidade ao ar e redução dos vazios revelada na observação microscópica eletrônica de varredura, a qual acarretou na constância/aumento das resistências mecânicas das pastas de gesso reciclado em relação às pastas de gesso comercial, como da dureza superficial e resistência à compressão (PINHEIRO, 2011).

Tabela 2: Características do gesso comercial da pesquisa A

Pesquisa A - Gesso comercial				
Pó	Pasta fresca	Pasta Endurecida		Norma
Massa unitária (kg/m <sup>3</sup> )	Tempo de pega (Min)	Resistência a compressão (Mpa)	Dureza superficial (Mpa)	NBR 12.129 (ABNT, 2017b);
> 700,00	Início: >18 Fim: >30	1 dia: 3,06; 3 dias: 3,10; 7 dias: 4,19; 28 dias: 7,31; 91 dias: 8,67.	1 dia: 7,47; 3 dias: 7,74; 7 dias: 13,88; 28 dias:	NBR 12.127 (ABNT, 1991)

22,89; 91 dias:  
22,24.

Fonte: Adaptado de Pinheiro (2011).

Tabela 3: Características do gesso reciclado da pesquisa A

Pesquisa A - Gesso Reciclado				
Pó	Pasta fresca	Pasta Endurecida		Norma
Massa unitária (kg/m <sup>3</sup> )	Tempo de pega (Min)	Resistência a compressão; dureza superficial (Mpa)	Dureza superficial (Mpa)	NBR 12.129 (ABNT, 2017b)
470,65	Início: 12 Fim: 25	1 dia: 6,20; 3 dias: 5,99; 7 dias: 5,67; 28 dias: 9,93; 91 dias: 11,69.	3 dias: 15,22; 7 dias: 14,48; 28 dias: 26,79; 91 dias: 29,47.	NBR 12.127 (ABNT, 1991)

Fonte: Adaptado de Pinheiro (2011).

A pesquisa B alvitra que a massa unitária não atingiu o valor determinado pela NBR 13207/2017a. Corpo de prova nenhum moldado somente com PGA atendem aos parâmetros mínimos determinados de resistência à compressão e dureza superficial da norma citada, todavia o gesso atende o uso em confecções para artefatos como estátuas e imagens visto que não exigem uma elevada resistência (ERBS, 2015).

Tabela 4: Características do gesso comercial da pesquisa B

Pesquisa B - Gesso comercial				
Pó	Pasta fresca	Pasta Endurecida		Norma
Massa unitária (kg/m <sup>3</sup> )	Tempo de pega (Min)	Resistência a compressão (Mpa)	Dureza superficial (Mpa)	NBR 12.129 (ABNT, 2017b)
646,18	Início: >10 Fim: >45	>8,40	>30	NBR 12.127 (ABNT, 1991)

Fonte: Adaptado de ERBS (2015)

Tabela 5: Características do gesso reciclado da pesquisa B

Pesquisa B - Gesso Reciclado				
Pó	Pasta fresca	Pasta Endurecida		Norma
Massa unitária (kg/m <sup>3</sup> )	Tempo de pega (Min)	Resistência a compressão (Mpa)	Dureza superficial (Mpa)	NBR (13207/2017c)

470,65	Início: 12 Fim: 25	3 dias: 5,53±0,16; 7 dias: 4,49±0,52; 28 dias: 6,05±2,12.	3 dias: 10,92±2,16; 7 dias: 8,65±1,64; 28 dias: 19,04±4,29.
--------	-----------------------	---	---

Fonte: Adaptado de ERBS (2015)

Conforme análise das tabelas da pesquisa C, a distribuição granulométrica é uniforme dos reciclados de resíduos de PGA, o que demonstra em relação à norma, uma massa unitária pequena. A consistência constatada foi normal, fluída e de boa trabalhabilidade sem uso de aditivos, além de estabelecer um tempo de pega que se aproximou à PGA comercial (VASQUES et al, 2019).

Ainda, segundo Vasques et al, 2019, a dureza e resistência a compressão do gesso reciclado observadas tiveram valores menores que o gesso comercial, interferindo diretamente no seu desempenho mecânico, relacionado também com a maior quantidade de água que se fez necessária à fabricação da pasta para o teste de mini *slump* do PGA reciclado em comparação ao comercial.

Desta forma, como solução, é provável que um processo de moagem mais eficiente, diminuindo a granulometria e melhorando graduação, confira uma massa unitária maior e menor relação água/ gesso reciclado, conservando sua consistência normal com parâmetros mecânicos semelhantes ao do gesso comercial e viabilizando sua utilização. Os resultados demonstram que os resíduos de PGA podem ser reaproveitados para sua reutilização na construção civil (VASQUES et al, 2019).

Tabela 6: Características do gesso comercial da pesquisa C

Pesquisa C - Gesso comercial				
Pó	Pasta fresca	Pasta Endurecida		Norma
Massa unitária (kg/m <sup>3</sup> )	Tempo de pega (Min)	Resistência a compressão (Mpa)	Dureza superficial (Mpa)	NBR 13207 (ABNT,2017c);

636,0 ± 4,2	Início: 10 Fim: 23	7 dias: 7,5; 28 dias: 15,8	7 dias: 28; 28 dias: 31	NBR 12129 (ABNT,2017b);  NBR 13207 (ABNT, 2017c)
-------------	-----------------------	-------------------------------	----------------------------	--

Fonte: Adaptado de VASQUES et al, 2019

Tabela 7: Características do gesso reciclado da pesquisa C

Pesquisa C - Gesso Reciclado				
Pó	Pasta fresca	Pasta Endurecida		Norma
Massa unitária (kg/m³)	Tempo de pega (Min)	Resistência a compressão (Mpa)	Dureza superficial (Mpa)	NBR 13207 (ABNT,2017c);  NBR 12129 (ABNT, 2017b);  NBR 13207 (ABNT, 2017c)
465,7 ± 10,0	Início: 12 Fim: 19	7 dias: 3,5; 28 dias: 8,7 ±0,6	7 dias: 8; 28 dias: 18,2 ± 2,8	

Fonte: Adaptado de VASQUES et al, 2019

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS/ CONCLUSÕES

Com o intuito de analisar as propriedades do gesso acartonado reciclado na construção civil e averiguação das pesquisas assim como os experimentos contidos na mesma, os dados obtidos permitem sugerir que não houve grandes alterações nas características do gesso reciclado, com relação ao comercial em alguns pontos.

É válido salientar que a alteração observada na pesquisa “A” foi a redução da massa unitária devido à perda de trabalhabilidade gerada na moagem, como método resolutivo, pode-se considerar adicionar uma etapa de fracionamento moído entre a moagem e calcinação para que haja uma melhor granulometria dos grãos e assim uma melhor homogeneidade. Ensaio com distribuição granulométrica a laser apresentam uma precisão adequada para esse tipo de resultado.

Por conseguinte na pesquisa B, concluiu-se que não é viável a reciclagem de todo material para aplicação na CC devido os parâmetros encontrados não serem compatíveis com os exigidos em norma, todavia pode-se utilizar parte deste PGA reciclado como matéria prima de fabricação de

novas placas, ou ainda empregá-lo em sua totalidade na confecção de obras de arte.

A sugestão é começar por uma maior redução dos tamanhos dos grãos na etapa de moagem, além de um estudo microscópico das partículas moídas afim de se obter uma análise mais concisa e exata.

Na pesquisa C, constatou-se que somente o tempo de início e fim de pega estão de acordo com os parâmetros do gesso comercial, faz-se necessário estudos mais aprofundados se tratando da resistência a compressão e dureza superficial, com o intuito de encontrar a temperatura ideal de calcinação.

Posto isso, é possível que as propriedades do gesso reciclado e a do gesso comercial sejam equiparadas, desde que os métodos utilizados principalmente na calcinação e moagem sejam executados com exatidão.

## 6. REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004:** Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12127:** Gesso para construção - Determinação das propriedades físicas do pó - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1991.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12128:** Gesso para construção - Determinação das propriedades físicas da pasta - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2017a.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12129:** Gesso para construção - Determinação das propriedades mecânicas - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2017b.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13207:** Gesso para construção civil – Especificação. Rio de Janeiro, 2017c.

APOLINARIO, G. M. **Reutilização do resíduo de gesso da construção civil.** Trabalho de conclusão de curso (Curso de Engenharia Civil), UNIJUÍ, Ijuí, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DRYWALL. **Resíduos de gesso na construção civil coleta, armazenagem e reciclagem.** [s.l.]: Agnis Gráfica e Editora, 2012.

Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas para Drywall. **Resíduos de Gesso na Construção Civil - Coleta, armazenagem e destinação para reciclagem.** São Paulo, 2009. Disponível em:<[www.drywall.org.br](http://www.drywall.org.br)> Acesso em 16 de jun. 2020

BALTAR, C. A. M.; BASTOS, F. F.; LUZ, A. B. Gipsita. IN: **Rochas e Minerais Industriais no Brasil: usos e especificações.** 2.ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2008.

BAUER, L. A. F. **Materiais de construção.** 5. ed revisada. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 2000.

BETSUYAKU, Renato Yochio; JUNIOR, Horácio Guimarães Delgado; VALADÃO, Izabellla Christinne Ribeiro Pinto. **Construção de eco tijolos com adição de areia diatomácea. Dissertação de Mestrado.** Centro Universitário de Volta Redonda , Volta Redonda, Rio de Janeiro, 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 431, de 24 de maio de 2011. Altera o art. 3º da Resolução 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama, estabelecendo nova classificação para o gesso. Brasília, DF: **Diário Oficial da União**, 25 maio 2011. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=649>>. Acesso em: 16 out. 2020.

CAETANO, Daryslane Santos; COSTA, Pedro Henrique Messias. **Análise das práticas utilizadas para gerenciamento dos resíduos de gesso da construção civil:** Estudo de caso no município de Maceió - AL. 2017.

CAMPOS, A.R. et al. Calcinação. In: **Tratamento de minérios.** 6 ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC, 2018.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução **CONAMA nº 307. 2002.** Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acesso em: 21 de Mai.2020.

"DONO" da maior jazida de gipsita do Brasil discute demandas sociais com a Knauf. **Jornal Valença Agora**, Bahia, p. 1, 16 ago. 2018. Disponível em: <<https://valencaagora.com/dono-da-maior-jazida-de-gipsita-do-brasil-discute-demandas-sociais-com-a-knauf/>>. Acesso em: 04 abr. 2020.

ERBS, Alexandre. **Determinação das propriedades físicas e mecânicas do gesso reciclado provenientes das chapas de gesso acortonado.** Trabalho de conclusão de curso (Curso de Engenharia Civil), UNTFP, Curitiba2015.

FERREIRA, Luiz Daniell; VISENTIM, Luiz Carlos; PINTO, Ocimar Ferreira. **Sistema construtivo e aplicação de gesso acartonado (DRYWALL)**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Santa Cecília. Santos - SP. 2016.

FRAGA, Martin da Silva. Emprego de gesso na construção civil: **A sistematização da gestão de resíduos da pasta de gesso, gesso acartonado e placas de gesso**. 2013. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/78222/000896894.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 19 de Mai. 2020.

JOHN, V. M. **Aproveitamento de resíduos sólidos como materiais de construção**. 2000. Disponível em: <<https://portal.multivix.edu.br/Corpore.Net/Main.aspx?ActionID=EduWebListaMaterial>>. Acesso em 15 de Jun. 2020.

JOHN; V. M.; CINCOTTO, M. A. **Alternativas de gestão de resíduos de gesso**. São Paulo. 2007.

JUNIOR, José Antonio Morato. **Divisórias de Gesso Acartonado: Sua utilização na construção civil**. 2008. 74 p.- Monografia (Graduação) - Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2008.

MARCONDES, F. C. S. **Sistemas logísticos reversos na indústria da construção civil - Estudo da cadeia produtiva de chapas de gesso acartonado**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia da Construção Civil, São Paulo, 2007. 364 p.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados**. 7 ed. São Paulo: Atlas, 2008. 278 p.

MITIDIARI, Cláudio. **Drywall no Brasil: Reflexões Tecnológicas**. Disponível em: <<https://drywall.org.br/blogabdrywall/drywall-no-brasil-reflexoes-tecnologicas-2/>>. Acesso em 15 de Jun. 2020.

MUNHOZ, F. C. e RENÓFIO, A. **Uso da Gipsita na Construção Civil e Adequação para P+L**. XIII SIMPEC. Bauru. 2006.

MUNHOZ, F. C. **Utilização do gesso para fabricação de artefatos alternativos, no contexto de produção mais limpa**. 2008. 164p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2008.

NUNES, Heloia Palma. **Estudo da aplicação do Drywall em edificação vertical**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2015.

PINHEIRO, Sayonara Maria de Moares. **Gesso reciclado: avaliação de propriedades para uso em componentes**. 2011. Tese Doutorado. Universidade de Campinas, São Paulo, 2011.

RIBEIRO, A. S. **Produção do gesso reciclado a partir de resíduos oriundos da construção civil**. 2006. 105p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2006.

RIBEIRO, L. M. et al. **Flamabilidade e retardância de chama de compósito: poliéster insaturado reforçado com fibra de abacaxi (PALF)**. Rio Grande de Norte. 2013.

SANTOS, J. L. F.; MATSUDA, C.K.; FILHO, N.A.BELINE, E.L. **Estudos de painéis produzidos a partir dos resíduos de gesso acartonado reciclado e bagaço da cana-de-açúcar**. XXI EEPA - Encontro de Engenharia de Produção Agroindustrial, 20 a 22 de novembro de 2018. Campo Mourão, Paraná, Brasil.

SAVI, Olindo. **Produção de placa de forro com a reciclagem do gesso**. Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana. Universidade Estadual de Maringá. 2012.

SILVA, Cibelle Guimarães. **Inovações tecnológicas para o melhor aproveitamento do gesso nas construções**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2010.

SILVA, M. F. A. **Gerenciamento de processos na construção civil: Um estudo de caso aplicado no processo de execução de paredes em gesso acartonado**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. 2000.

TurmaDiscActionWeb&SelectedMenuIDKey=mnArquivosDisc>. Acesso em: 28 de Abr. 2020.

VASQUES, C. A. R.; BIRICK, F.B.; ARNOLD, D. M.; KAZMIERCZAK, C. S. **Análise das propriedades físicas e mecânicas de gesso reciclado a partir de resíduos da construção civil**. RBES (Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade).v.6, n.1,p,08-15, Jul. 2019.

# ESTUDO DE CASO: INVESTIGAÇÃO PATOLÓGICA EM ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO

Érick dos Santos Moreira<sup>1</sup>, Lidiani Aparecida Colombo<sup>2</sup>, Marcela Giacomini Bonatto<sup>3</sup>, Beverson Beltrame<sup>4</sup>.

1 – Acadêmico do curso de Engenharia Civil

2 – Acadêmico do curso de Engenharia Civil

3 – Acadêmico do curso de Engenharia Civil

4 – Especialista – Professor Multivix – São Mateus

## RESUMO

Trata-se de um estudo de caso realizado no Estádio Manoel Moreira Sobrinho do bairro Sernamby no município de São Mateus - ES mais conhecido como Estádio do Sernamby, pertencente à Associação Atlética de São Mateus - ES, inaugurado em 05 de Março de 1965 com capacidade de comportar 4.500 pessoas. Através de uma inspeção visual estiveram identificadas as manifestações patológicas presentes nos sistemas estruturais de concreto armado da edificação. Com isso, foram realizadas análises dos aspectos gerais das anomalias, com intuito da identificação do dano encontrado nas arquibancadas presentes. Maiores problemas encontrados foram grande incidência de corrosão de armaduras, umidade, fissuras, irregularidades geométricas, nichos de concretagem, manchas escuras, eflorescência e lixiviação. Mediante a exposição patológica da estrutura, percebeu-se que estes danos poderiam ter sido minimizados caso ocorresse um controle de qualidade durante seu processo construtivo mais um programa de manutenção preventiva da estrutura avaliada. Espera-se que este trabalho de conclusão de curso ajude aos projetistas, usuários, construtores e toda equipe responsável por este local, não só como cuidado nos procedimentos específicos construtivos das estruturas, assim como utilização.

**Palavra-Chave:** Estudo de caso, patologias, vida útil, manutenção, concreto armado, degradação e sistemas estruturais.

## ABSTRACT

This is a case study carried out at the Manoel Moreira Sobrinho Stadium in the Sernamby neighborhood in the municipality of São Mateus - ES better known as Estádio do Sernamby, belonging to the Athletic Association of São Mateus - ES, opened on March 5, 1965 with capacity to hold 4,500 people. Through a visual inspection, the pathological manifestations present in the reinforced concrete structural systems of the building were identified. With that, analyzes of the general aspects of the anomalies were carried out, in order to identify the damage found in the stands present. The biggest problems encountered were a high incidence of reinforcement corrosion, moisture, cracks, geometric irregularities, concreting niches, dark stains, efflorescence and leaching. Through the pathological exposure of the structure, it was realized that these damages could have been minimized if there was a quality control during its construction process plus a preventive maintenance program for the evaluated

structure. It is hoped that this course completion work will help designers, users, builders and the entire team responsible for this location, not only as care in the specific construction procedures of the structures, as well as use.

Keyword: Case study, pathologies, useful life, maintenance, reinforced concrete, degradation and structural systems.

## **1. INTRODUÇÃO**

A Engenharia Civil é conhecida, dentre tantos motivos, por sua vasta área de atuação e informação com os mais variados e abrangentes campos de estudos. O foco deste artigo é abordar e tratar de um dos principais assuntos discutidos durante o curso de Engenharia Civil: a Patologia Estrutural, que é o estudo de manifestações patológicas nas estruturas de concreto e concreto armado, dando ênfase a um estudo de caso realizado estádio Manoel Moreira Sobrinho mais conhecido como Estádio do Sernamby para identificar e solucionar os problemas causados por tais manifestações apresentadas neste trabalho, resultado da má utilização e conservação da estrutura. Conforme Felix et al. (2018), para o crescimento econômico da sociedade atual e o desenvolvimento sustentável, é necessário fazer uso de fatores como confiabilidade e durabilidade das estruturas.

Para Zuchetti (2015) apud Helene (2003), as formações patológicas das edificações não acontecem sem motivo e de forma isolada, pois geralmente ocorrem com relação aos erros cometidos durante, pelo menos, em alguma das fases do processo de concepção da edificação, sendo indispensável o conhecimento que deu origem ao problema e o histórico do mesmo para que possa ser apontado em que fase ou processo de construção ocorreu essa inconformidade que gerou tal problema patológico.

Essas manifestações patológicas estruturais são um dos principais problemas da má utilização da estrutura, resultando em desconforto para seus usuários, além da redução da Vida Útil de Projeto (VUP). Mediante a este

problema, pergunta-se: o que fazer para reparar os danos causados à estrutura e garantir segurança para todos?

Para resolver problemas causados pela umidade ou deterioração dos componentes estruturais, é necessário dar a devida atenção às causas patológicas não apenas onde os sintomas aparecem, mas, também, em sua origem. Utilizar-se corretamente das técnicas preventivas de reparação e utilização para que o dano causado não volte a se repetir, são possíveis formas de evitar a propagação dos problemas para as demais regiões.

O objetivo deste artigo é periciar o comportamento das manifestações patológicas que, por sua vez, são fundamentais para a obtenção da solução do problema descrito acima que envolve o Estádio Manoel Moreira Sobrinho mais conhecido como Estádio do Sernamby, a fim de estreitar e elevar a relação entre problema e sociedade, buscando soluções que sejam favoráveis não a um, mas sim a toda comunidade que espera por respostas e providências quanto ao problema abordado em todo decorrer do trabalho.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 ORIGEM DOS PROBLEMAS NAS ESTRUTURAS**

Conforme Souza e Ripper (1998), o surgimento de manifestações patológicas em uma estrutura indica, ao final do processo de maneira geral, a existência de falhas identificadas na execução de uma das etapas do processo de construção da obra ou até mesmo falhas no controle de qualidade e nas atividades realizadas nesse processo.

#### **2.1.1 Erros na Concepção de projeto**

De acordo com Oliveira (2013), muitas falhas acontecem na etapa de concepção do projeto ou do empreendimento. Podem ter origem nas etapas de lançamento do projeto estrutural (estudo preliminar), na etapa utilizada para

executar o anteprojeto e, até mesmo, na execução do projeto, também chamada de projeto final de engenharia.

Segundo Silva e Jonov (2019), os erros de concepção do projeto de uma edificação estão ligados à:

- Má definição de cargas atuantes;
- Deficiência no cálculo das estruturas;
- Pouca ou nenhuma suficiência no detalhamento dos dados;
- Falhas e erros de dimensionamento;
- Ausência de vergas e contravergas nas esquadrias e aberturas de alvenaria para resistir às cargas atuantes sem provocar fissuras na parede;
- Ausência de “sentimento estrutural” que permitirá maior sensibilidade mediante os erros de projeto em todas as etapas de elaboração e execução da obra.

### **2.1.2 Erros na Execução de projeto**

As irregularidades presentes na execução de projetos estão ligadas às fases antecedentes de produção má elaborada dos envolvidos. Sendo assim, o surgimento de problemas patológicos podem ocasionar danos à estrutura da obra, além de reduzir sua vida útil de projeto (VUP).

Dando continuação, segundo Silva e Jonov (2019), alguns dos erros ocorridos na execução do projeto são:

- Mão de obra desqualificada e incapacitação profissional;
- Falta de alinhamento e enquadro em estruturas ou alvenarias;
- Flechas excessivas em lajes.

### **2.1.3 Erros na Utilização da obra**

Para Souza e Ripper (1998), as causas patológicas que são manifestadas por manutenção irregular ou nenhuma da estrutura, têm sua origem do desconhecimento técnico, utilização de forma errônea ou até mesmo em problemas econômicos. A falta de verbas destinadas à manutenção das mesmas tem sido um agravante responsável pelo surgimento destas anomalias estruturais.

Para Herani (2012) é correto afirmar que se deseja, em amplitude moderna, estabelecer definições para as obras que serão executadas. Ainda afirma que, os envolvidos precisam estar cientes que os materiais não são perpétuos, porém envelhecem e precisam de tratamento e manutenção adequados para prosseguirem em suas devidas funções.

## 2.2 PRINCIPAIS ELEMENTOS ESTRUTURAIS PRESENTES EM ESTÁDIOS

Em construções de concreto armado, sendo elas de grande e pequeno porte, existem três elementos estruturais bastante comuns e mais importantes que são: lajes, vigas e pilares. Com isso, os elementos de fundações que poderão ou não ocorrer em todas as obras serão as sapatas de fundação, blocos, tubulões, estacas, consolos, tirantes, vigas-parede e outros. De maneira geral, com a infinidade dos elementos estruturais presentes nas estruturas têm-se, também, dente geber, viga alavanca e os elementos compostos que são as escadas, muros de arrimo, reservatórios, dentre outros.

### 2.2.1 Construção e classificação de arquibancadas

De acordo com o site Obra24horas (2012), arquibancada é um tipo de estrutura projetada para fornecer assentos escalonados e podem ter vários tamanhos e configurações. O tipo e número de componentes da mesma dependerão do evento, do espaço necessário, do número de espectadores e dos recursos financeiros disponíveis.

As arquibancadas podem ser classificadas como:

- Permanentes ou estacionárias: geralmente maiores, são unidades que ocuparão a mesma posição durante todo o processo de instalação, por isso geralmente são fixadas no solo;
- Portáteis ou móveis: unidades menores feitas de materiais leves. Devem ter um sistema deslizante ou de rolos que os torne fáceis de mover para qualquer lugar;
- Telescópicas ou retráteis: geralmente são encontrados em ginásios com espaço limitado. Essas arquibancadas podem ser embutidas ou abertas para acomodar o público. Quando fechado, este tipo de sistema ocupa relativamente pouco espaço e pode ser usado como um possível divisor de ambiente;
- Temporárias: são armazenados em módulos ou seções e montados juntos para eventos especiais (vaquejada, rodeios, desfile, circo, inaugurações e outros). Após o evento, a arquibancada será desmontada e guardada até que seja necessária novamente.

Normalmente, a arquibancada consiste nas seguintes partes: degraus, apoio para os pés, assentos e guarda-corpos, geralmente chamados de corrimões. Utilizados geralmente por questões de segurança, os corrimões são essenciais para proporcionar maior estabilidade nos pontos de entrada e saída das arquibancadas. As mesmas deverão ser leves, o que contribuirá para a montagem e desmontagem, porém fortes o suficiente para fornecer um suporte adequado. O corrimão ou guarda-corpo deve se estender por 1,0 m acima da superfície inferior do degrau de entrada até o conjunto da arquibancada (assentos, corredor e apoio para os pés) e a inclinação avaliada pelos problemas de visão e conforto.

A função das arquibancadas não é apenas acomodar as pessoas, mas também garantir que o público tenha um bom entendimento do evento. Para garantir esse objetivo, a manutenção da inclinação é essencial.

É recomendado que a inclinação não exceda 35 graus. Em casos extremos, medidas de segurança devem ser implantadas, podendo chegar a 45 degraus. O valor medido pode variar de acordo com o perfil linear, no entanto os degraus devem ser sempre os mesmos: a altura geralmente varia de 25 cm para baixo e 45cm para cima.

### **2.2.2 Estruturas das arquibancadas**

Ainda segundo o site Obra24horas (2012), a solução das arquibancadas em superestrutura é a mais comumente usada. Se o terreno estiver localizado em uma depressão ou declive, ele se tornará mais econômico. Podem-se instalar algumas ou todas as etapas na inclinação natural do terreno e, mesmo em alguns casos, poderá ser aplicado o aterro para finalidade de posicionar os degraus. Esta solução exclui absolutamente qualquer uso dos espaço sob as arquibancadas.

A escolha do material depende de fatores como a capacidade do público, o uso pretendido da estrutura, a disponibilidade de fundos, as condições climáticas e a quantidade estética.

Para diferentes finalidades de estruturas permanentes e usos variados, o concreto é geralmente usado, enquanto as estruturas metálicas são amplamente utilizadas em estruturas temporárias devido à sua ampla gama de usos, modulação, transporte conveniente, velocidade de montagem e portabilidade (remontagem em outros locais). Se os serviços e outras facilidades forem incluídos sob as arquibancadas, uma superfície sólida, impermeável e contínua de metal ou concreto é necessária.

## **2.3 PRINCIPAIS DOENÇAS PATOLÓGICAS ENCONTRADAS NAS ESTRUTURAS**

De acordo com Scheidegger e Calanzani (2019), é possível encontrar no concreto diversas formas de manifestações patológicas. Algumas muito comuns, abordadas abaixo, são facilmente reconhecidas e servem como alerta para evitar a propagação destas anomalias às demais regiões da estrutura.

### **2.3.1 Infiltração, manchas, bolor (ou mofo) e eflorescência**

Para Silva e Jonov (2019), as manifestações de manchas no concreto seguirão acompanhadas ou não pelo surgimento de eflorescências ou vesículas exposta na origem do problema. Ainda segundo este autor, quando se utiliza uma tinta impermeável, os depósitos de eflorescência surgem entre as camadas de tinta e de reboco, o que comprometerá a aderência entre ambas, além de provocar o surgimento de bolhas, permitindo assim, a percolação da água entre o revestimento e a tinta de tal alvenaria comprometendo a estrutura.

### **2.3.2 Trincas, fissuras e rachaduras**

De acordo com Shirakawa (1995) apud Scheidegger e Calanzani (2019), a infiltração acontece quando a quantidade de água é maior que o esperado e pode fluir, resultando nesta forma de manifestação patológica; ainda afirma que a água fica aderente ao atravessar uma parede ou barreira resultando, então, numa mancha; o termo bolor ou mofo indica diversas populações de fungos filamentosos que atuam sob os substratos como, por exemplo, as argamassas inorgânicas e a aparição destas anomalias em fachadas ou revestimentos internos causam as alterações estéticas no ambiente formando manchas escuras em tonalidade preta e, por fim, ainda aponta que se dá o nome eflorescência àquelas formações salinas que surgem na superfície da estrutura trazidas do seu interior pela aparição da umidade e se apresenta numa cor esbranquiçada na superfície da pintura ou reboco.

Conforme Oliveira (2013), trincas, fissuras e rachaduras são um dos tipos mais comuns de manifestações patológicas que podem ser encontradas em elementos estruturais de uma edificação (lajes, vigas, pisos, pilares, entre outros) causadas, geralmente, pela ação de tensão de tração dos materiais. Ainda segundo o autor, se houver um esforço solicitado maior que a resistência do material, este estará sujeito a falhas provocadas pela abertura, variando conforme sua espessura, como mostrado abaixo:

Tabela 2 – Anomalias causadas por manifestações patológicas aparentes.

<b>ANOMALIAS</b>	<b>ABERTURAS (mm)</b>
Fissura	até 0,5
Trinca	de 0,5 a 1,5
Rachadura	de 1,5 a 5,0
Fenda	de 5,0 a 10,0
Brecha	Acima de 10,0

Fonte: Oliveira (2013).

Segundo Silva e Jonov (2019), outro tipo de fissura aparente caracterizada pela ação da umidade é aquela encontrada em muros por meio da absorção de água através da chuva regional ou até mesmo do orvalho, ocasionada pela movimentação diferencial da argamassa do topo que acaba por destacar-se do corpo do muro.

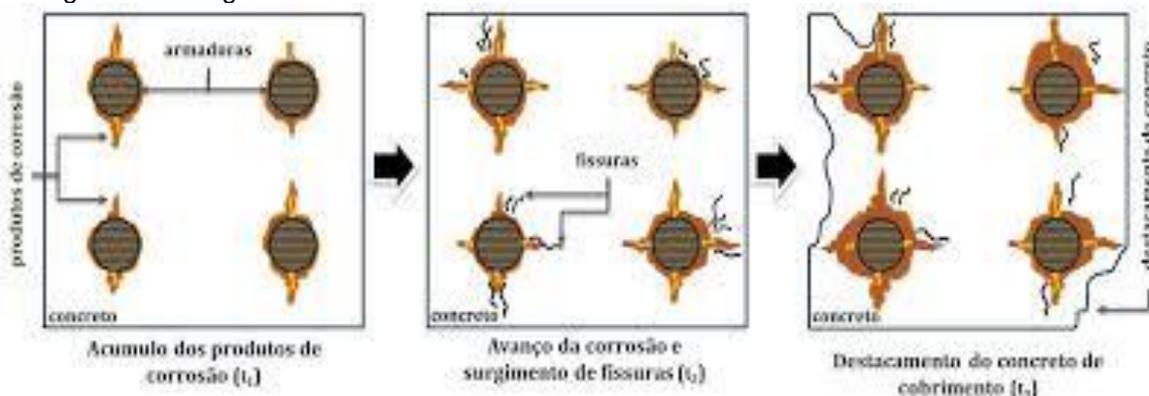
### 2.3.3 Corrosão da armadura

Soares et al. (2015) mencionam que, a deterioração do concreto pode ter sua origem em fatores mecânicos, físicos ou químicos já que armaduras de aço-carbono sofrem o processo de corrosão em tempo recorde e precisam de uma rápida e eficiente atenção na avaliação e manutenção nas falhas expostas. Para amenizar os efeitos que este problema patológico causa nas estruturas, é necessário que a busca por materiais mais resistentes às

propriedades de corrosão do concreto seja mais eficiente mesmo que apresente um custo inicial muito elevado.

Segundo os referidos autores citados no texto acima (item 3.4.3), a corrosão é definida pelo processo de interação entre o material e o meio ambiente, provocando reações que estão ligadas aos agentes naturais de deterioração do material utilizado em pauta. No caso do concreto armado, essas anomalias podem se apresentar como fissuras, manchas aparentes, perda de massa do concreto, destacamento do cobrimento da ferragem e, conseqüentemente, na redução da seção da estrutura.

Figura 1 – Estágio dos danos causados no concreto através da corrosão das armaduras.



Fonte: Felix et al. (2018).

Conforme, ainda, Soares et al. (2015), a manifestação da corrosão não ocorre no concreto, mas nas armaduras (barras de aço) presentes dentro dele. Sendo assim, como prevenção, faz-se necessário a proteção destas barras com a própria utilização do concreto, respeitando o seu cobrimento e suas respectivas funcionalidades a fim de evitar danos causados por corrosão e oxidação da estrutura.

De acordo com Scheidegger e Calanzani (2019), para que não haja uma manifestação prematura das doenças patológicas citadas no decorrer do trabalho, faz-se necessário a exigência de medidas preventivas para evitar o acelerado desenvolvimento de tais anomalias que possam dificultar a restauração das estruturas afetadas.

#### **2.3.4 Corrosão através de íons de cloreto**

De acordo com Souza Ripper (1998), “A penetração de íons cloreto pode ocorrer mediante a estrutura porosa ou como componente dos elementos constituintes do concreto, sendo no processo de dosagem recomendado a sua utilização até 0,4% do peso do cimento”.

O processo de despassivação da armadura consiste na ruptura local da camada de passivação, causada pelo elevado teor de íon-cloro, podendo ocorrer mesmo com o pH elevado por causa dos íons. O recomendável para uma medida preventiva com finalidade de dificultar a penetração dos agentes agressivos no interior do concreto, de acordo com a NBR 6118 (2014), seria a utilização de concreto de pequena porosidade. O uso de cimento composto de aditivos de escória ou material pozolânico também é bem aceitável.

#### **2.3.5 Carbonatação**

O gás anidrido carbônico (CO<sub>2</sub>) presente na atmosfera, pode adentrar-se nos poros do concreto e obter uma reação com o hidróxido de cálcio existente na água do concreto, formando então o carbonato de cálcio. Com isso, acontecerá a carbonatação, onde ocorre a redução do pH para outros valores abaixo de nove, no qual valores inferiores a sete se tornam uma solução ácida.

O concreto, após sofrer a hidratação dos silicatos da pasta do cimento, libera Ca(OH)<sub>2</sub>, passando a ter uma alta alcalinidade, obtendo um pH da mistura entre 12 e 13 e se tornando assim um meio alcalino que promove a formação de um filme de óxido no aço, protegendo contra a corrosão. Porém, de acordo com Salomão Silva (2008), em condições normais, o CO<sub>2</sub> atmosférico penetra no concreto e reage com o Ca(OH)<sub>2</sub>, diminuindo o pH para valores menores que 10, dando início as reações químicas da carbonatação,

que se inicia na parte externa a partir do transporte de dióxido de carbono para dentro da peça através da difusão.

## 2.4 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

De acordo com a ABNT NBR 5462/1994, manutenção preventiva é definida como: “toda manutenção realizada em intervalos pré-determinados ou de acordo com normas prescritas para reduzir a possibilidade de falha ou degradação da função do projeto”.

Segundo Xenos (1998, p. 24) destaca a vantagem do uso da manutenção preventiva em face a manutenção corretiva: “(...) a frequência de falhas diminui, a disponibilidade dos equipamentos aumenta e também diminuem as interrupções inesperadas da produção. Ou seja, se considerarmos o custo total, em várias situações a manutenção preventiva acaba sendo mais barata que a manutenção corretiva, pelo fato de se ter domínio das paradas dos equipamentos, ao invés de se ficar sujeito às paradas inesperadas por falhas nos equipamentos.”

A manutenção preventiva é qualquer medida destinada a controlar, monitorar e reduzir e/ou prevenir falhas de desempenho do equipamento. Isso evita o risco de perda e interrupção da produção. É eficaz para todos os segmentos de mercado, porque somente equipes de solução de problemas podem tornar a linha de produção mais eficiente.

### 2.4.1 Definições da manutenção preventiva na construção civil

De acordo com a ABNT NBR 5462/1994, nas edificações civis, esse tipo de manutenção é fundamental devido ao grande movimento de pessoas e máquinas. Segundo a NBR 5674/1999:

- A inspeção que é avaliar o estado do edifício e seus componentes para orientar as atividades de manutenção;
- Manual de operação, uso e manutenção: este documento coleta adequadamente todas as informações necessárias para orientar as atividades de operação, uso e manutenção do edifício;

- Planejamento (dos serviços de manutenção): esta é uma previsão detalhada dos métodos de trabalho, ferramentas e equipamentos necessários, condições especiais de acesso, cronogramas de desempenho e períodos de serviço de manutenção;
- Previsão orçamentária: esta é a estimativa de custo para executar o plano de manutenção;
- Programação (dos serviços de manutenção): utilizado para desenvolver um cronograma para serviços de manutenção;
- Serviço de manutenção: são intervenções no edifício e seus componentes, com o objetivo de manter ou restaurar as capacidades funcionais do mesmo;
- Sistema de manutenção: é um conjunto de procedimentos usados pela organização para gerenciar serviços de manutenção;
- Projeto: trata-se de uma descrição gráfica e escrita das características de um serviço ou obra de engenharia ou construção, definindo seus atributos técnicos, econômicos, financeiros e jurídicos;
- Vida útil de um edifício e seus componentes atendem ao período planejado de operação; uso e manutenção atendem aos requisitos da função de projeto do edifício e suas variáveis.

#### **2.4.2 Escopo da manutenção de edificações**

Segundo a ABNT NBR 5674/1999, a manutenção predial visa preservar ou restaurar as condições ambientais adequadas ao uso pretendido do edifício. A manutenção do mesmo inclui todos os serviços executados para prevenir ou corrigir a perda de desempenho devido à degradação da qualidade do componente ou atualizações de demanda do usuário. Essa manutenção não inclui serviços de alteração da finalidade do edifício.

#### **2.4.3 Gestão de qualidade dos sistemas de manutenção**

Segundo a ABNT NBR 5674/1999. O sistema de manutenção deve possuir uma estrutura interna de gestão da qualidade e possuir as seguintes características:

- a) Desenvolver ou compilar padrões e procedimentos do sistema de manutenção, incluindo documentos técnicos para execução de serviços de manutenção;
- b) Supervisionar a qualidade das atividades realizadas no sistema de manutenção, incluindo procedimentos de documentação e registro, coleta de informações, previsão de orçamento, planejamento, desenho e programação, contratação de serviços de terceiros e controle de execução;
- c) Considerar os seguintes aspectos e avaliar continuamente a eficiência do sistema de manutenção:
  - tempo médio de resposta para intervenções de emergência e solicitação do usuário;
  - relacionar o tempo e custo apreciado e de fato realizados;
  - percentagem de sucesso da intervenção é medida pela percentagem de serviço necessária;
  - satisfazer os usuários do edifício, calculada através de buscas de ponto de vista;
  - desempenho do sistema financeiro.
- d) Com base nos resultados do sistema de manutenção, são monitoradas as variações de valor do edifício durante sua vida útil.

Kardec e Nascif (2009, p. 163) explicam o papel da manutenção no sistema de qualidade: "O sistema de qualidade de uma organização é formado por vários subsistemas que se interligam através de relações extremamente fortes e independentes. Nesse contexto, a manutenção tem um papel preponderante. Como a sua missão é garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações, de modo a atender a um programa de produção ou de serviço com preservação do meio ambiente, confiabilidade, segurança e custos adequados, cabe à manutenção fazer a coordenação dos diversos subsistemas fornecedores, aí incluímos a engenharia e o suprimento de materiais, entre outros, de modo que o cliente interno principal, que é a operação, tenha a instalação de acordo com as necessidades da organização para atingir suas metas empresariais. A integração destes subsistemas atuando como verdadeiros times é, com certeza, o fator crítico de sucesso mais importante de uma empresa."

#### **2.4.4 Responsabilidade da manutenção**

Segundo a ABNT NBR 5674/1999, o proprietário do edifício é responsável pelas técnicas e regulamentos do manual de operação, uso e manutenção do edifício (se houver). No caso dos imóveis, os coproprietários responsáveis pela manutenção das diversas partes autônomas e solidariamente responsáveis pela totalidade do edifício devem cumprir e implementar o disposto nas normas técnicas e nos manuais de funcionamento, utilização e manutenção predial (se houver). O proprietário pode confiar a gestão desta manutenção à empresa ou a um profissional com qualificação habilitada legalmente.

#### **2.4.5 Planejamento dos serviços de manutenção**

Segundo a ABNT NBR 5674/1999, todas as atividades de manutenção devem ser definidas por planos de longo, médio e curto prazos para:

- a) Ordenar as atividades de manutenção para diminuir a carência de contínuas interferências de acompanhamento;
- b) Minimizar as intervenções das atividades de manutenção no uso do prédio e a intervenção do usuário na execução do serviço de manutenção;
- c) Melhorar o uso de recursos humanos, financeiros e equipamentos.

#### **2.4.6 Evolução da manutenção**

A evolução das manutenções enfatiza a melhoria dos atributos dos serviços prestados para durabilidade daquela estrutura além do desempenho para que ocorra a redução de falhas, as mudanças técnicas de execução nas manutenções sendo ela preventiva, preditiva e corretiva. A seguir, a função de cada manutenção:

- Manutenção preventiva: Projetado para reduzir e evitar danos ou degradação do desempenho. Por esse motivo, as etapas preventivas devem ser executadas regularmente e as etapas preventivas devem ser executadas

antes que a falha ocorra.

- Manutenção Preditiva: Realizar esta operação analisando e monitorando determinados aspectos ou condições dos equipamentos e dispositivos para evitar problemas no futuro, ou seja, por meio de inspeções regulares.
- Manutenção corretiva: É projetada para restaurar ou corrigir o funcionamento de equipamentos perdidos ou degradados.

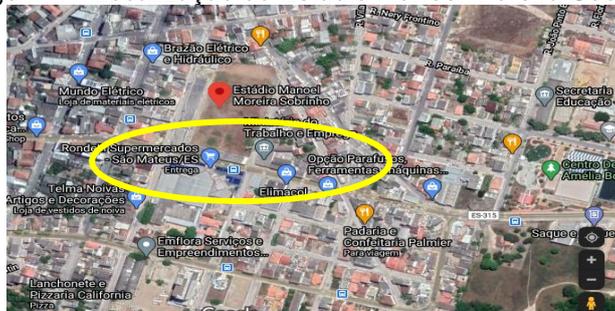
### 3. METODOLOGIA

Este artigo possui caráter exploratório envolto de uma pesquisa aplicada, com uma abordagem qualitativa de dados e tem por finalidade apresentar o Estudo de Caso referente às diversas manifestações patológicas encontradas no Estádio Manoel Moreira Sobrinho, também conhecido como Estádio do Sernamby, localizado na Rua Zenor Pedrosa Rocha, número 53, bairro Sernamby em São Mateus – ES, com o início da construção do mesmo datada em 13 de Dezembro de 1963 e inauguração datada em 05 de Março de 1965.

Devido interdição de parte da arquibancada em 2016 por problemas estruturais e patológicos, o estádio possuía capacidade para abrigar pouco mais de 3500 pessoas.

Com reformas adotadas naquele ano, atualmente o estádio possui capacidade para receber 4500 pessoas e possui uma área de 16 mil m<sup>2</sup>, mas o público recorde foi em 2009 com aproximadamente 7500 pessoas.

Imagem 1 – Localização do Estádio Manoel Moreira Sobrinho.



Fonte: Google Maps - satélite (2020).

Como toda construção possui seu tempo de vida útil determinada por estudo de normas, é notável que depois de determinado momento a obra precise passar por reformas, reformas estas cabíveis como métodos de prevenção contra acidentes estruturais e contra as ações de intempéries.

No estudo feito pelos alunos autores deste trabalho, foi constatada a presença de vários tipos de manifestações patológicas presentes tanto interna como externamente falando e, notou-se que a causa mais aparente da interdição de uma das arquibancadas se deu, justamente, pela presença dessas doenças patológicas nas estruturas do estádio. Dentre as existentes, é notável citar:

a) Corrosão e deterioração da armadura do concreto

Imagem 4 – Corrosão da armadura no pilar de sustentação



Fonte: Autores (2020).

- Origem: a origem do problema pode estar relacionada à fase inicial de projeto, a má execução das etapas ou a errônea utilização da estrutura e dos materiais inadequados e se dá porque o aço que se concentra no interior do concreto está revestido por uma camada passivadora na qual protege o metal de ações exteriores e, quando esta mesma camada é destruída, ocorre o processo de despassivação da armadura que acarretará na corrosão da

mesma. O que mantém a camada passiva do aço é o elevado teor no pH contido nas características do concreto.

- Causas: os agentes químicos causadores desta anomalia são os íons (cloretos, sulfatos, dióxido de carbono) além de ocorrer, também, por ação de certos líquidos ou gases. O processo de carbonatação promove a redução no pH do concreto e desencadeia a despassivação, deixando o aço vulnerável ao processo corrosivo da armadura.

- Consequências: a corrosão afeta de maneira direta a durabilidade da estrutura devido à diminuição da seção do aço reduzindo, também, a sua vida útil de projeto.

#### b) Surgimento de fissuras, trincas e rachaduras nas estruturas

Imagem 5 – Surgimento de trincas e fissuras nos degraus da arquibancada



Fonte: Autores (2020).

- Origem: pode apresentar-se na etapa inicial do projeto, na má execução das fases e até mesmo na falta de utilização dos materiais corretos. A origem desses problemas pode estar relacionada à força de resistência aplicada sobre tal estrutura. Surgem quando a força aplicada sobre a peça é maior que sua capacidade de resistência e as aberturas são uma forma de aliviar essas tensões extras. Quanto maior for a restrição dos movimentos, maior será o campo de abertura da seção. Também se dá devido à carência de armadura

nas seções e, até mesmo, em problemas com os tipos de fundações empregadas.

- Causas: o recalque diferencial de fundação é uma das causas mais aparentes para o surgimento desse tipo de manifestação patológica, isso acontece por haver uma diferença no adensamento do solo fazendo com que o mesmo possua certo “rebaixamento” em seu nível. No caso da imagem abaixo (imagem 5), essas anomalias estão relacionadas às variações de temperatura que causam contração e dilatação do material por ausência das juntas de dilatação que impedem o surgimento de fissuras e, também, relacionam-se com a retração do concreto, quando o tempo de cura ou secagem do concreto não é respeitado, dando origem ao surgimento dessas aberturas.

- Consequências: a falta dos cuidados necessários para evitar o surgimento dessas doenças não causam danos estruturais, mas interfere no acabamento e revestimento final da peça.

c) Aparecimento de manchas e bolores causados pelas ações de umidade no local

Imagem 6 – Surgimento de manchas e infiltrações nas saídas da arquibancada



Fonte: Autores (2020).

- Origem: a origem destas manchas e bolores está ligada à má execução da obra e a má qualidade dos materiais utilizados e se dá devido ao elevado índice de vazamentos hidráulicos nas estruturas, águas da chuva e até mesmo

devido à má percolação da água sobre a superfície do concreto na concretagem.

- Causas: são causados pela má impermeabilização da estrutura nas suas fases iniciais (conforme imagem 6), falta de circulação do ar, falta de manutenção, dentre outros. Materiais de revestimento altamente porosos também danificam a parte estrutural do projeto, pois quanto mais umidade, maior é o surgimento e a proliferação de fungos. Espaços com pouca circulação de ar também favorecem para a retenção da umidade provocando, então, as falhas indesejadas. Percebe-se, na imagem 6, que a maior causadora destas doenças patológicas está relacionada a má impermeabilização do local.

- Consequências: como mostrado na imagem abaixo, as consequências desta anomalia englobam perda de pintura, surgimento exposto da ferrugem, acidentes estruturais, quedas do reboco, além de causar danos à saúde devido ao surgimento e crescimento de manchas e bolores no local.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Conforme foram apresentados os dados no decorrer da elaboração do trabalho, foram propostas algumas soluções que possivelmente dariam certo para as patologias identificadas na edificação.

As infiltrações, manchas, bolor e eflorescência precisam passar por uma avaliação minuciosa para determinar se foi feito a impermeabilização na parte superior, a fim de impedir a penetração da água na estrutura. Como foram encontradas várias infiltrações no estádio, há alguns métodos que podem ser utilizados para reparar as fissuras e juntas, por onde ocorreu a infiltração, impedindo assim a deterioração causada pela água que pode ocasionar a corrosão da amadura.

Imagem 7 – Ações por infiltração na estrutura da arquibancada



Fonte: Autores (2020).

Ao analisar as trincas, fissuras e rachaduras, é necessário saber que cada tipo de fissura possui a causa que a agravou e, cabe a um profissional capacitado analisar e decidir qual a melhor forma de tratamento para ser aplicada.

Dentre várias formas, existe a técnica de cristalização, onde há injeção de materiais rígidos nas fissuras, onde utiliza-se argamassas a base de cimento ou resinas flexíveis como epóxi, que é uma das mais utilizadas por não ser retrátil, possuindo baixa viscosidade, alta resistência e aderência além de endurecer rapidamente. A escolha da resina que o profissional escolherá, levará em consideração o tamanho e a abertura da fissura, sendo feita a selagem logo em seguida por uma cola epóxídica para protegê-la.

Imagem 8 – Rachaduras expostas nos degraus da arquibancada



Fonte: Autores (2020).

A selagem é uma técnica para tratar fissuras que evoluem com o passar do tempo (fissuras ativas), onde é feita a vedação da borda com um material bem aderente e flexível. Outra técnica bastante utilizada é o grampeamento, onde é necessário reforçar a estrutura adicionando armadura para sustentar os esforços sobre as fendas.

No processo de corrosão de armaduras, a recuperação da mesma é mais delicada, pois ela ocorre devido à má execução das etapas na sua fase inicial onde não foram utilizados os materiais adequados para realizar a proteção do aço contra a corrosão.

Para realizar a recuperação, o profissional deve analisá-la para determinar o quanto ela está comprometida, com intuito de procurar a melhor maneira para breçar e se possível, aniquilar tal patologia. Souza e Ripper (1998) esclarecem que antes de tudo é necessário que seja feito a limpeza do local, expondo a armadura degradada, retirando o concreto. A limpeza da armadura pode ser feita de diferentes maneiras, e a opção por cada uma delas dependerá do tipo de impureza presente.

De acordo com Marques (2015), para que o sistema anticorrosivo tenha sucesso é preciso que se conheça a causa da deterioração. Por fim, a armadura é novamente recoberta com o material cimentício.

Imagem 9 – Deterioração da armadura no pilar de sustentação



Fonte: Autores (2020).

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS/CONCLUSÃO**

Conforme pesquisas realizadas e a junção de análise dos dados observados pelos alunos autores, as arquibancadas mais antigas são a maior problemática do estádio devido à falta de manutenção coerente, além da grande incidência de corrosão do aço das armaduras que prejudica o concreto e diminui sua resistência trabalhada. Foi discutido entre os autores do artigo e funcionários do lugar que a última reforma executada em uma das arquibancadas foi realizada em 2016 e não conseguiu suprir, de maneira correta, os defeitos antes já existentes.

Dirigindo-se às soluções, nota-se que independe se não afetada à estrutura, o problema precisa ser tratado e ações de manutenções preventivas devem ser tomadas da primeira à última etapa do processo a fim de evitar a propagação de tais doenças para demais regiões da estrutura. Quando se trata da recuperação dessas estruturas danificadas, é necessário entender que não se podem medir esforços quanto à utilização de métodos e materiais corretos e de qualidade superior para a resolução do problema.

Dessa forma, este artigo buscou evidenciar e procurar soluções cabíveis para esses problemas encontrados em todo o decorrer do trabalho. Os métodos de pesquisas utilizados foram de excepcional ajuda para os autores alunos que aprenderam e puderam vivenciar as condições em que se encontrava o local e a apresentação dos resultados teve caráter promissor.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARTIGO. Construção e montagem de arquibancadas. **Obra24horas**, São Paulo, maio 2012. Disponível em: <<https://www.obra24horas.com.br>>. Acesso em: 15 de outubro de 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 5674/1999**: Manutenção de edificações - Procedimento. 2Ed., Rio de Janeiro, 1999. 6p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 5462/1994**: Confiabilidade e manutenibilidade. 2Ed., Rio de Janeiro, 1994. 37p.

FELIX, E.F. et al. "Análise da vida útil de estruturas de concreto armado sob corrosão uniforme por meio de um modelo com RNA acoplado ao MEF". **REVISTA ALCONPAT**, São Paulo, 31 jan. 2018. Disponível em: <<https://revistaalconpat.org/index.php/RA/article/view/256>>. Acesso em: jun. 2018.

HELENE, Paulo. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. São Paulo, Pini: 1992.

HELENE, P. R. L. **Corrosão em Armaduras para Concreto Armado**. 1. ed. (4. tiragem) São Paulo: Pini, 1986 (tiragem 1999).

HERANI, Thais da Silva A.G. **Patologias e tratamentos estruturais no metrô de São Paulo**. Monografia, especialista em Construção Civil – Escola de Engenharia. Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo. 2012. 73p.

KARDEC, Alan; NASCIF Júlio. **Manutenção: função estratégica**. 3.ed. Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 2009. 384 p.

MARQUES, M. E., **Revestimento anticorrosivo**. Químico Funcionalização de superfícies para construção de nanossensores tridimensionais projetados, 2015. 360 p.

OLIVEIRA, Daniel Ferreira. **Levantamento de causas de patologias na construção civil**. Trabalho de Conclusão de Curso, graduação em Engenharia Civil – Escola Politécnica. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2013. 107f.

SCHEIDERGGER, G.M.; CALENZANI, C.L. Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, São Paulo. Março 2019. 3 Ed. Vol. 5, p. 68 – 92.

SILVA, P.A.P; JONOV, C.M.P. Patologia das construções, erros na concepção de projeto. **Curso de especialização em Construção Civil, UFMG – Área: Sustentabilidade e gestão do ambiente construído**. Agosto, 2019. Disponível em:

<<http://www.demc.ufmg.br/adriano/Patologia%20das%20Construcoes.pdf>>.  
Acesso em: março, 2020.

SILVA, Aguinaldo Salomão. **A prática pedagógica da educação ambiental: um estudo de caso sobre o Colégio Militar de Brasília.** 2008. 112 f., il. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável)-Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

SOARES, A.P.F. Corrosão em armaduras de concreto. **Cadernos de graduação ciências exatas e tecnológicas.** Maceió. Novembro 2015. p. 178 – 188.

SOUZA, V. C.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto.** São Paulo: Pini, 1998.

XENOS, Harilaus G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva: O Caminho para Eliminar Falhas nos Equipamentos e Aumentar a Produtividade.** 1.ed. Rio de Janeiro: EDG, 1998. 302 p.

# **ESTUDO DO DESEMPENHO AMBIENTAL NA READEQUAÇÃO COM TELHADO VERDE EM ESCOLA**

Jéssica Nascimento de Sousa<sup>1</sup>, Larissa Barcellos Carrafa<sup>1</sup>, Wanlexis Barbosa de Araújo<sup>1</sup>, Karina Zanetti<sup>2</sup>

1- Acadêmico do curso de Engenharia Civil

2- Titulação do orientador – Professor Multivix – São Mateus

## **RESUMO**

Em um mundo onde a arquitetura bioclimática vem buscando maior reconhecimento, destaca-se a aparição dos aspectos sustentáveis voltados a edifícios escolares. As tipologias sustentáveis funcionam como propagadores dos conceitos fundamentais para uma construção de qualidade, utilizando como base os critérios da sustentabilidade. Esta pesquisa estuda a readequação da cobertura original do Colégio Córrego do Milanez do município de São Mateus - ES, por telhados verdes extensivos cuja composição de materiais reduz índices de emissão de CO<sub>2</sub> e gera menor energia embutida. A indústria da construção civil se destaca pelo alto consumo de recursos energéticos e naturais, gerando grandes quantidades de resíduos e promovendo maiores gastos energéticos com a inserção de novos materiais, tornando essa a razão substancial para a readequação das edificações. A pesquisa possui natureza de caráter exploratório, com abordagem metodológica quantitativa e aplicação em estudo de caso. Através das comparações feitas nesta pesquisa, observou-se a viabilidade na implantação da técnica dos telhados verdes extensivos, visto que apontaram resultados favoráveis relativos à redução da energia embutida e emissão de CO<sub>2</sub>. O estudo realizado voltado ao ambiente escolar incrementa na qualidade já implantada no espaço educacional pois indaga aos usuários a iniciativa de novos projetos com concepções e diretrizes ecológicas.

Palavras-chave: telhados verdes, arquitetura escolar, energia embutida, emissão de CO<sub>2</sub>.

## **ABSTRACT**

In a world where bioclimatic architecture has been seeking greater recognition, the emergence of sustainable aspects aimed at school buildings stands out. Sustainable typologies act as propagators of the fundamental concepts for quality construction, using sustainability criteria as a basis. This research studies the readjustment of the original coverage of Colégio Córrego do Milanez in the municipality of São Mateus - ES, by extensive green roofs whose composition of materials reduces CO<sub>2</sub> emission rates and generates less built-in energy. The construction industry stands out for its high consumption of energy and natural resources, generating large amounts of waste and promoting greater energy costs with the insertion of new materials, making this

the substantial reason for the readjustment of buildings. The research has an exploratory nature, with a quantitative methodological approach and application in a case study. Through the comparisons made in this research, the feasibility in the implementation of the extensive green roofing technique was observed, since they showed favorable results regarding the reduction of the built-in energy and CO<sub>2</sub> emission. The study carried out focused on the school environment increases the quality already implemented in the educational space because it asks users to initiate new projects with ecological concepts and guidelines.

Keywords: green roofs, school architecture, built-in energy, CO<sub>2</sub> emission.

## **1. INTRODUÇÃO**

Diante das eventualidades, a busca pela implantação de novas tecnologias sustentáveis tem se tornado gradativamente crescente e necessária. A construção civil sustentável tem como princípio gerar novas técnicas construtivas, considerando o emprego de materiais alternativos, para que possa haver a minimização dos impactos ambientais provenientes da tradicionalidade construtiva (ALBERTO et al., 2012, p. 171).

A partir de meados da década de 2000, a grande concentração da população de êxodo rural em áreas urbanas fez com que o índice de construções aumentasse, reduzindo drasticamente os espaços verdes nas cidades. A situação impulsionou na tomada de medidas de intervenção, desencadeando inovações para as edificações, uma delas sendo o telhado verde. Por possuir

características modernas e sustentáveis, essa técnica surgiu para compensar as regiões concentradas de concreto (BERGMANN; GEHARD, 2018, p. 2).

A aplicação da cobertura verde proporciona um melhor conforto termoacústico da edificação e uma maior gestão de captação pluvial, bem como possibilita a execução de atividades ecológicas no local, como a agricultura. Essas características, quando direcionadas a um local específico, como o espaço físico escolar, alcançam um maior número de pessoas, gerando mais responsabilidade e conservação com a edificação e o meio ambiente.

Neste contexto, buscando cooperar para a educação nas escolas públicas do Espírito Santo e difundir as tecnologias da construção civil, é proposta a readequação do telhado original de uma construção escolar utilizando-se telhado verde extensivo, seguida de uma análise comparativa das contribuições da cobertura verde para melhorar parâmetros de desempenho ambiental, utilizando índices de energia embutida (EE) e emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL – AMBIENTE ESCOLAR**

A conceituação de sustentável é firmada por ações de desenvolvimento sustentável que usufruam de recursos naturais sem degradá-los e sem comprometer o futuro do planeta. Na construção civil este conceito se tornou indispensável, de acordo com a afirmação de Rodrigues et al. (2017, p.2088) “as formas de produção com o uso de recursos naturais do planeta e a quantidade de resíduos deixados pelas construções de grande porte estão entre os temas mais abordados”.

Segundo Martins (acesso em 29 de mai. 2020):

Pesquisas afirmam um aumento de 5% nos gastos em construções onde há investimentos em sustentabilidade. Ainda assim, é por meio destas mudanças que os ganhos em economia de recursos naturais, como a água e a energia, acabam compensando e diminuindo estes custos extras em 30%.

A Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (AsBEA) (2007) destaca na construção civil alguns aspectos importantes para a elaboração de projetos com um melhor desempenho ambiental, como, a gestão eficiente de água, energia e materiais renováveis na obra, a qualidade do ambiente interno e externo dos edifícios e o aproveitamento das disposições naturais dos locais, com o intuito de expandi-los na sociedade em geral.

Na inserção aos projetos sustentáveis, Kowaltowski (2011) destaca sobre a importância de um designer mais elaborado das edificações e ambientes escolares, tendo em vista utilizar os sistemas eficientes do prédio escolar para criar experiências e descobertas de aprendizagem inovadoras.

A resolução CD/FNDE nº 18, de 21 de maio de 2013 do Manual Escolas Sustentáveis, além de outros fins, destaca sobre a mudança para a sustentabilidade nas escolas a partir da correlação entre três dimensões: espaço físico, gestão e currículo. Nestes, é preciso haver:

Espaço físico: utilização de materiais construtivos mais adaptados às condições locais e de um desempenho arquitetônico que permita a criação de edificações dotadas de conforto térmico e acústico, que garantam acessibilidade, gestão eficiente da água e da energia, saneamento e destinação adequada de resíduos.

Gestão: compartilhamento do planejamento e das decisões que dizem respeito ao destino e à rotina da escola, respeitando os direitos humanos e valorizando a diversidade cultural e étnico-racial.

Currículo: inclusão de conhecimentos, saberes e práticas sustentáveis no projeto político-pedagógico das instituições de ensino e em seu cotidiano a partir de uma abordagem que seja contextualizada na realidade local e estabeleça nexos e vínculos com a sociedade global. (RESOLUÇÃO CD/FNDE nº 18, 2013).

## 2.2 OS CONCEITOS LIGADOS À SUSTENTABILIDADE DAS EDIFICAÇÕES

A indústria da construção civil se destaca pelo alto consumo de recursos energéticos e naturais, gerando grandes quantidades de resíduos. Os impactos ambientais ocasionados por essa indústria estão sendo analisados pelos órgãos governamentais e documentados com o auxílio de pesquisas acadêmicas e certificações, por aderirem novos métodos de avaliação.

Marcos (2015, p.31-32) declara que “para reduzir esses impactos recomenda-se utilizar materiais de construção com baixas emissões de CO<sub>2</sub>, menor consumo de energia e água e geração de resíduos.”

### **2.2.1 Energia Embutida - EE**

O estudo de energia incorporada é um recurso viável para se estimar o impacto ambiental de diversas atividades. Ter conhecimento da quantidade de energia básica para a produção de materiais de construção é uma ferramenta de grande importância para calcular o impacto ambiental das edificações (UHMANN, 2016, p.48).

De acordo com Teodoro (2017):

O consumo de energia embutida nas edificações acontece ao longo do seu ciclo de vida nas atividades relacionadas com a construção e manutenção. A contribuição da energia embutida nas edificações do Brasil chega a 40% do seu ciclo de vida energético.

“O tempo de vida energético da edificação é dividido em produção - incluindo todos os processos desde a extração da matéria-prima até o fim da produção na fábrica - construção, operação, manutenção e demolição” (THORMARK, 2001 apud MARCOS, 2015, p.104).

Segundo Thormark (2006), citado por Jalali e Torgal (2010, p.75) é possível a obtenção de 17% de redução na energia utilizada na construção do edifício escolhendo-se de forma adequada os materiais de construção. Desse modo, quando examinada a energia incorporada no ciclo de vida dos materiais, possibilita-se a minimização de impactos ambientais causados pela edificação.

## 2.2.2 Gases de efeito estufa – CO2

Os gases que favorecem para a expansão do efeito estufa são designados por absorverem uma parcela dos raios solares e os redirecionarem na atmosfera em formato radioativo. Segundo o Programa Estadual de Mudanças Climáticas do Estado de São Paulo (PROCLIMA) (acesso em 03 de set. 2020), alguns dos principais gases responsáveis são: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), ozônio troposférico (O<sub>3</sub>), clorofluorcarbonetos (CFC's) e vapor d'água.

Uma estimativa da concentração e contribuição dos gases para aquecimento global e seus derivados antropogênicos são apresentados no Quadro.

Quadro 1 – Principais gases de efeito estufa: atribuições e fontes de emissão

	Aumento da concentração desde 1750	Contribuição para o aquecimento global (%)	Principais fontes de emissão
CO <sub>2</sub>	31%	60%	Uso de combustíveis fósseis, deflorestação e alteração dos usos do solo
CH <sub>4</sub>	151%	20%	Produção e consumo de energia (incluindo biomassa), atividades agrícolas, aterros sanitários e águas residuais
N <sub>2</sub> O	17%	6%	Uso de fertilizantes, produção de ácidos e queima de biomassa e combustíveis fósseis
Halogenados (HFC, PFC e SF <sub>6</sub> )	-	14%	Indústria, refrigeração, aerossóis, propulsores, espumas expandidas e solventes

Fonte: PROCLIMA, 2020

Conforme o PROCLIMA, o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) ocupa cerca de 60% do efeito estufa e é oriundo da queima de combustíveis fósseis como petróleo, carvão mineral e gás natural, assim como de queimadas e desmatamentos que acabam por destruir reservatórios naturais capazes de absorver o CO<sub>2</sub> do ar.

As emissões globais de CO<sub>2</sub> estão crescendo constantemente e atingindo índices cada vez maiores. Um estudo realizado por Corinne Le Quéré e pesquisadores da Universidade de East Anglia (UEA) e do Global Carbon Project, publicado pelo G1 (acesso em 03 de jun. 2020), mostra que:

As emissões da China representam 27% do total global, tendo crescido cerca de 4,7 % em 2018 e atingindo um novo máximo histórico. O crescimento das emissões está ligado à atividade de construção e ao crescimento econômico.

Nas últimas décadas, houve um aumento considerável nas temperaturas médias do planeta, e há muitos indícios de que a atividade humana tenha sido a grande responsável pelas mudanças climáticas já verificadas, especialmente pelo seu crescimento econômico energo-intensivo e por ser fortemente dependente de combustíveis fósseis, aumentando a concentração antropogênica de gases de efeito estufa na atmosfera (TOLEDO, 2019, p.20).

### **2.3 TELHADOS VERDES**

O telhado verde, também conhecido como telhado ecológico, cobertura verde ou biocobertura, é definido pela implantação de vegetação em superfícies construídas, sejam elas residências, edifícios, espaços públicos e entre outras, e destaca-se pelo método construtivo bioclimático, fazendo-se o uso de solos e plantas para a impermeabilização da cobertura, conforme a condição climática, localidade e finalidade.

Com o objetivo de alcançar um bom aproveitamento de todos os benefícios do telhado verde, é imprescindível que a sua instalação siga de maneira correta. A técnica necessita de uma estrutura completamente impermeável, portanto os métodos utilizados na implantação apresentam considerável complexidade (PENDIUK; MOISÉS; PEREIRA, 2017, p.22).

A estrutura de um telhado precisa abrigar um sistema eficiente de camadas funcionais, como é representado na Figura 1:

Figura 1 – As camadas de um telhado verde



Fonte: Integra Projetos e Construções, 2014

O suporte estrutural, ou teto da edificação, é a base do telhado verde, logo deverá sustentar toda a carga proveniente dele. É necessário um estudo específico para a determinação da carga permanente – peso total das camadas do telhado verde e da água retida pela vegetação – e da acidental – mobilidade de pessoas e instrumentos (CORREA, 2002 apud PENDIUK; MOISÉS; PEREIRA, 2017, p.23).

Acima do suporte estrutural, a membrana à prova d'água impede a infiltração de água na cobertura da edificação. Sua instalação deverá proceder de modo a encaminhar o fluxo de água às calhas previamente projetadas (PENDIUK, 2017, p.23).

Conforme Tassi (2014, p.142), a camada de proteção retém a umidade e protege a membrana impermeabilizante, situada sob ela, contra a expansão das raízes da vegetação, prevenindo a cobertura de danificações mecânicas.

Por conseguinte, a camada de drenagem é destinada a reter o excesso de água e direcioná-la para drenos para que possa ser aproveitada pela vegetação em períodos de seca. Sua função evita que haja alagamentos inoportunos e estresse hídrico da vegetação (TASSI, 2014, p.142; HENEINE, 2008, p.25-26).

De acordo com Heneine (2008, p.26), como complemento à camada de drenagem, há o filtro, ou camada filtrante, que desune as camadas de cobertura da camada drenante e reprime materiais orgânicos e humo emigrantes do substrato, evitando o entupimento de drenos e calhas.

O substrato é camada de solo que serve de base para segurar a vegetação e deve ter profundidade adequada para as raízes que dependem da espécie de vegetação escolhida, sendo disposto logo após a camada filtrante. Ele auxilia no processo de drenagem, fornecendo água e nutrientes necessários à estabilidade das plantas (TASSI, 2014, p.142).

Por último, tem-se a cobertura vegetal, devendo ser apropriada às condições climáticas do lugar. Nessa etapa, quando parte da chuva precipitada é absorvida pelo substrato, a outra parte é retida pela vegetação, retardando o escoamento superficial e auxiliando na ação da evapotranspiração (TASSI, 2014).

A ampla biodiversidade vegetal que o telhado verde consegue comportar possibilita a sua produção com múltiplos conceitos. A Associação Internacional de Telhados Verdes (IGRA) (2011) define os telhados verdes em três tipologias: extensivo, semi-intensivo e intensivo.

### **2.3.1 Telhados verdes extensivos**

O extensivo possui uma vegetação de aspecto rasteiro com baixo e lento crescimento, característico de gramíneas e musgos, sem a necessidade de muitas manutenções (Figura 2). Apresenta uma altura da estrutura de 6 cm a 20 cm, podendo ter variação da carga total de 60 kg/ m<sup>2</sup> a 150 kg/m<sup>2</sup> (IGRA, 2011).

Jobim (2013, p.16) afirma que “um telhado verde extensivo pode ser construído em praticamente todos os tipos de coberturas (telhas cerâmicas, telhas de fibrocimento, coberturas de aço e lajes), e é relativamente mais barato.”.

Figura 2 – Telhado verde extensivo



Fonte: BLIDARU

### 2.3.2 Caso existente no Brasil

Apesar do pouco conhecimento em relação à prática do telhado verde no Brasil, alguns casos já ganham destaque. Um dos maiores exemplos é o Colégio Estadual Erich Walter Heine, sendo a primeira instituição de ensino totalmente sustentável da América Latina, erguida em 2011 mediante a uma parceria pública-privada entre a ThyssenKrupp CSA, o governo estadual e a prefeitura do Rio de Janeiro. O colégio foi considerado sustentável pelo World Green Building Council (WGBC), a maior organização mundial que direciona o mercado da construção civil em prol da sustentabilidade (AMDA, 2013).

O Erich Walter Heine College (Figura 3) foi construído na zona oeste de Santa Cruz - RJ, sendo este registrado como um dos bairros mais carentes da cidade e uma das regiões mais quentes da capital, superando os 40°C no verão. Desse modo, o sistema de telhado verde implantado e o formato de cata-vento da edificação ajudam na absorção de calor e melhor ventilação, respectivamente. O sistema permite o armazenamento da água da chuva, que por sua vez é direcionada para uso em jardins, banheiros e limpeza, tendo uma economia de 50% da água potável. A implantação de lâmpadas LED em todo o edifício permite a redução em até 80% do consumo de energia (AMDA, 2013).

Figura 3 – Colégio Estadual Erich Walter Heine



Fonte: ECOTELHADO, 2011

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA**

A presente pesquisa possui natureza do tipo aplicada com abordagem metodológica quantitativa. Por possuir caráter exploratório são utilizados os procedimentos de pesquisa bibliográfica e estudo de caso para coletar informações que enriqueçam, sustentem e embasem as análises a serem feitas no projeto.

#### **3.2 TÉCNICAS PARA COLETA DE DADOS**

Foi empregada a formatação em planilha de materiais, serviços e técnicas, sendo essa a ferramenta utilizada na administração pública e em convênios com instituições estatais para processos licitantes do setor de obras públicas do estado do Espírito Santo.

Para a comparação da substituição das coberturas originais pelo telhado verde extensivo, os materiais obtidos no levantamento de ambas as técnicas serão quantificados e logo convertidos para suas massas, para serem multiplicados pelos valores de índices de EE e CO<sub>2</sub>, valores esses

disponibilizados no Inventário de carbono e energia, de Hammond e Jones (2008, p.10-57). Os resultados totais foram divididos pelas áreas das respectivas edificações analisadas, findando em valores por m<sup>2</sup>.

### 3.3 FONTES PARA COLETA DE DADOS

No âmbito da pesquisa exploratória, foram utilizadas como fontes periódicos, documentos e registros institucionais, artigos científicos, dissertações, livros e teses para obtenção do embasamento teórico, caracterizado pelos conceitos da arquitetura escolar em conjunto com a sustentabilidade nas edificações, e procedimentos que tornassem pertinente a execução dos telhados verdes.

### 3.4 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA PESQUISADA

O objeto de estudo é uma escola pública municipal, localizada em São Mateus-ES, que compreende séries do 1º ao 9º ano. Este modelo de projeto padronizado é muito usado na concepção de escolas para 1º e 2º grau de Ensino Fundamental.

A EMEF Córrego do Milanez possui uma área de construção térrea de 828,60m<sup>2</sup> e um segundo pavimento que ocupa 91,40m<sup>2</sup>. Sua edificação se divide em Bloco 1, que acompanha um único pavimento com módulos dimensionados simetricamente, e Bloco 2, que possui cerca de 20% da área total ocupada por um segundo pavimento, contendo uma biblioteca e sala multimídia.

### 3.5 INSTRUMENTO PARA A COLETA DE DADOS

Através do estudo e da observação, foi gerado o levantamento das informações do colégio em documentos internos usados pela Secretaria Municipal de Educação de São Mateus, que continham dados relativos ao tema estudado e assuntos referentes à reforma de estruturas escolares.

Da mesma maneira, será feita com as bases estatísticas para o dimensionamento dos materiais necessários, o Instituto de Obras Públicas do Espírito Santo (IOPES) e o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), disponibilizadas gratuitamente na internet. As tabelas de composições oferecem referências quanto aos custos, prazos de execuções, materiais e profissionais necessários na execução dos modelos de telhados relacionados às edificações em estudo.

Ao utilizar as bases de índices de energia embutida EE e dióxido de carbono CO<sub>2</sub> já descobertas por Hammond e Jones (2008, p.10-57), será observado no desenvolvimento dos cálculos os sucessíveis resultados para posterior análise.

### 3.6 POSSIBILIDADE DE TRATAMENTO E ANÁLISE DE DADOS

Com as técnicas e métodos aplicados será possível realizar o comparativo entre as duas táticas construtivas e verificar as ocasionais contribuições da aplicação de telhados verdes em edificações escolares.

## 4. ESTUDO DE CASO

Os conceitos que norteiam a educação vêm sendo há tempos estudados e discutidos, assim como a melhor forma de receber as suas atividades. As instituições escolares são unidades capazes de influenciar seus usuários a partir do investimento no bem-estar do seu espaço, consequentemente refletindo nos níveis e métodos de aprendizagem.

Nessa proposta, a readequação da cobertura original empregando telhados verdes extensivos surge como forma de complemento e materialização do conceito de sustentabilidade expressado nos ambientes escolares públicos. A escola pública municipal EMEF Córrego do Milanez (Figura 4) foi o padrão selecionado para a análise e não sofreu qualquer

processo de reforma tampouco mudanças na rotina dos usuários e na padronização de edificação escolar aderida.

Figura 4 – Localização do Colégio Córrego do Milanez

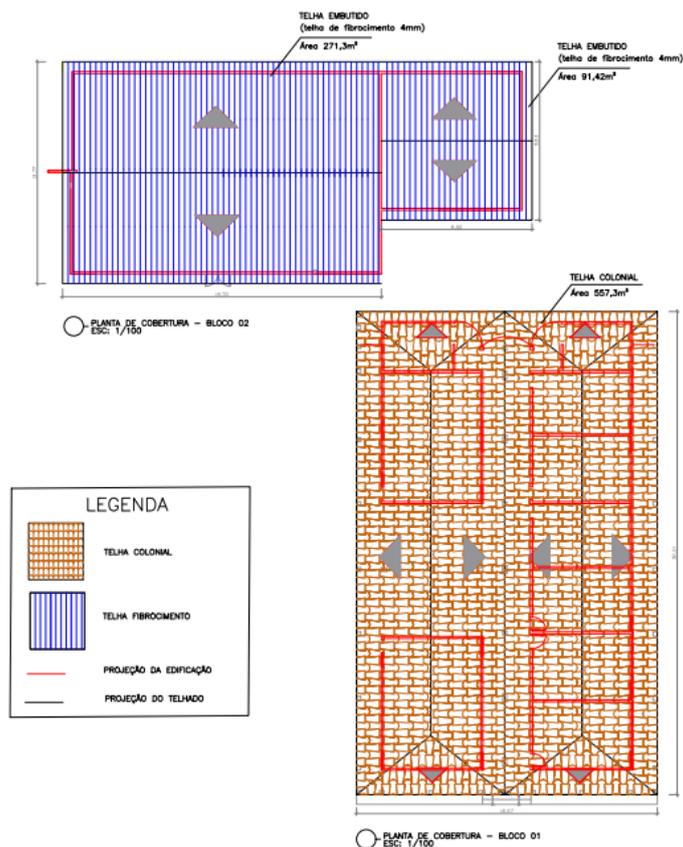


Fonte: Google Maps®, 2020

#### 4.1 ESTUDO DOS TELHADOS ORIGINAIS DO COLÉGIO CÓRREGO DO MILANEZ

A EMEF Córrego do Milanez está localizada no km 28, zona rural do município de São Mateus, e teve sua execução concebida em dois blocos térreos e um segundo pavimento (Figura 5), compostos dos seguintes módulos: 10 salas de aula, sala de diretoria, laboratório de informática, sala de professores, sala de recursos multifuncionais para Atendimento Educacional Especializado (AEE), sala de secretaria, biblioteca, sanitários masculino e feminino infantis adequados a Portadores de Necessidades Especiais (PNE), sanitários para professores e funcionários, refeitório, despensa, almoxarifado, cozinha e dois pátios cobertos.

Figura 5 – Planta de cobertura do Colégio Córrego do Milanez



Fonte: O autor, 2020

Para a determinação da energia embutida e dos valores de CO<sub>2</sub> é preciso calcular a massa em todos os elementos implantados no telhado original. Isto é obtido pelo cálculo da multiplicação entre a densidade, o volume do material e a área da cobertura da edificação. A partir de Hammond e Jones (2008, p.10-57), foram coletados os valores correspondentes à densidade do material.

Os materiais utilizados na implantação foram compilados, quantificados e tabulados conforme a sua funcionalidade, sendo divididos em dois grupos: madeiras (Quadro 2) e telhas (Quadros 3).

Quadro 2 – Cálculo das massas das madeiras usadas na cobertura do Colégio Córrego do Milanez

Quantitativo total das madeiras (estrutura)	Un	Quantidade	Largura (m)	Espessura (m)	Volume (m³)	Densidade (Kg/m³)	Massa (kg)
Ripa 2,5cm x 5,0cm angelim pedra não aparelhada - fornecimento e assentamento	m	316,71	0,05	0,025	0,395892	600	237,54
Viga 6cm x 12cm angelim pedra não aparelhada - fornecimento e assentamento	m	604,08	0,06	0,12	4,349381	600	2.609,63
Viga 6cm x 20cm angelim pedra não aparelhada - fornecimento e assentamento	m	69,89	0,06	0,2	0,83864	600	503,18
Caibro 6cm x 9cm angelim pedra não aparelhada - fornecimento e assentamento	m	63,39	0,06	0,09	0,342306	600	205,38

Fonte: O autor, 2020

Quadro 3 – Determinação das massas das telhas originais do Colégio Córrego do Milanez

Quantitativo total das telhas (cobertura)	Un	Quantidade	Pçs/m² ou Pçs/m²	kg/pç	Massa (kg)
Cobertura de telhas cerâmicas tipo capa e canal; incl. 30%	m²	557,30	25	2,00	27.865,00
Cumeeira de telha cerâmica	m	92,28	3	2,5	692,1
Cobertura de telhas onduladas de fibrocimento 2,44mx0,50m esp:4mm; incl. 10%	m²	362,72	1	4,5	1.632,24
Telha cumeeira de fibrocimento 4mm	m	29,00	1	2,8	81,20

Fonte: O autor, 2020

#### 4.1.1 Cálculo dos valores de energia embutida EE no telhado original

Os componentes da cobertura original tiveram suas massas transformadas para a unidade em quilogramas (kg). Para o cálculo da EE, foi multiplicada a massa (kg) pelos índices EE (MJ) do material, disponibilizados por Hammond e Jones (2008, p.10-57), sendo possível dimensionar a quantidade total de EE por material utilizado na execução da cobertura, de acordo com a equação (1).

$$EE_{total} = EE_{material} \times Massa \quad (1)$$

Onde:

$EE_{total}$  = Energia Embutida total (MJ);

$EE_{material}$  = Energia Embutida do material (MJ/Kg) (HAMMOND e JONES, 2008, p.10-57);

Massa = Massa total do material (Kg).

Quadro 4 – Cálculo da Energia Embutida EE total ligada à cobertura do Colégio Córrego do Milanez

Quantitativo Energia Embutida EE Colégio Córrego do Milanez	Massa (kg)	EEmaterial (MJ/kg)	EEtotal (MJ)	EEtotal (MJ/m <sup>2</sup> )
Ripa 2,5cm x 5,0cm angelim pedra não aparelhada - fornecimento e assentamento	237,54	0,72	171,03	0,31
Viga 6cm x 12cm angelim pedra não aparelhada - fornecimento e assentamento	2.609,63	0,72	1.878,93	2,04
Viga 6cm x 20cm angelim pedra não aparelhada - fornecimento e assentamento	503,18	0,72	362,29	0,39
Caibro 6cm x 9cm angelim pedra não aparelhada - fornecimento e assentamento	205,38	0,72	147,88	0,27
Cobertura de telhas cerâmicas tipo capa e canal; incl. 30%	27.865,00	12,00	334.380,00	600,00
Cumeeira de telha cerâmica	692,1	12,00	8.305,20	14,90
Cobertura de telhas onduladas de fibrocimento 2,44mx0,50m esp:4mm; incl. 10%	1.632,24	22,70	37.051,85	102,15
Telha cumeeira de fibrocimento 4mm	81,20	22,70	1.843,24	5,08
<b>EEtotal</b>			<b>384.140,41</b>	<b>725,14</b>

Fonte: O autor, 2020

No quadro 4, devido a implantação da edificação ser concebida em dois tipos de cobertura (cerâmica e fibrocimento), a determinação de EEtotal de cada material por m<sup>2</sup> é correspondente à área de utilização do material. Desse modo, com a Energia Embutida numa totalidade de 384,14GJ, tem-se o valor de 0,73GJ/m<sup>2</sup> de construção.

#### 4.1.2 Cálculo dos valores de dióxido de carbono co2 no telhado original

Para o quantitativo referente às emissões de CO<sub>2</sub>, considerou-se os índices impostos por Hammond e Jones (2008, p.10-57). Os valores são resultantes da multiplicação entre a massa (kg) e os índices de CO<sub>2</sub> (kg) do material, sendo possível calcular a quantidade total de CO<sub>2</sub> por material utilizado na execução da cobertura, conforme a equação (2).

$$\text{CO}_2 \text{ total} = \text{CO}_2 \text{ material} \times \text{Massa} \quad (2)$$

Onde:

CO<sub>2</sub>total = Dióxido de carbono total (Kg);

$CO2_{material} = \text{Dióxido de carbono material (MJ/Kg) (HAMMOND e JONES, 2008, p.10-57);}$

$\text{Massa} = \text{Massa total do material (Kg).}$

Quadro 5 – Cálculo do CO2 total ligado à cobertura do Colégio Córrego do Milanez

Quantitativo CO2 Colégio Córrego do Milanez	Massa (kg)	CO2 material (kg/kg)	CO2 total (kg)	CO2 total (kg/m <sup>2</sup> )
Ripa 2,5cm x 5,0cm angelim pedra não aparelhada - fornecimento e assentamento	237,54	0,45	106,89	0,19
Viga 6cm x 12cm angelim pedra não aparelhada - fornecimento e assentamento	2.609,63	0,45	1.174,33	1,28
Viga 6cm x 20cm angelim pedra não aparelhada - fornecimento e assentamento	503,18	0,45	226,43	0,25
Caibro 6cm x 9cm angelim pedra não aparelhada - fornecimento e assentamento	205,38	0,45	92,42	0,17
Cobertura de telhas cerâmicas tipo capa e canal; incl. 30%	27.865,00	0,74	20.620,10	37,00
Cumeeira de telha cerâmica	692,1	0,74	512,15	0,92
Cobertura de telhas onduladas de fibrocimento 2,44mx0,50m esp:4mm; incl. 10%	1.632,24	1,28	2.089,27	5,76
Telha cumeeira de fibrocimento 4mm	81,20	1,28	103,94	0,29
<b>CO2total</b>			<b>24.925,54</b>	<b>45,85</b>

Fonte: O autor, 2020

No quadro 5, considerando a implantação da edificação concebida em dois tipos de cobertura (cerâmica e fibrocimento), a determinação de EEt<sub>total</sub> de cada material por m<sup>2</sup> é correspondente à área de utilização do material. Sendo assim, com a emissão de CO2 num total de 24.925,54kg, tem-se o valor de 45,85kg CO2/m<sup>2</sup> de construção.

#### 4.2 ESTUDO DA READEQUAÇÃO COM TELHADO VERDE EXTENSIVO NAS COBERTURAS ORIGINAIS

Nesta pesquisa, a readequação proposta considera a técnica de telhados verdes extensivos. O uso desta tipologia é baseado na pesquisa de Savi e Tavares (2013), que averiguou ser compatível a implementação deste método a edificações já existentes, uma vez que seu baixo peso saturado apresenta compatibilidade com o peso das estruturas de telhados originais.

Para determinar e quantificar os materiais a serem empregados no telhado verde, utilizou-se como referência as tabelas IOPES (2020) e SINAPI (2020), considerando-se apenas a execução do serviço para 1m<sup>2</sup> de edificação.

A mão-de-obra não é considerada para os fins de cálculo de Energia Embutida e CO<sub>2</sub>, pois não é um índice quantificável para os critérios de sustentabilidade.

De acordo com a composição de Savi (2012), para o telhado verde extensivo proposto foi considerada a implantação de um berço de 3cm de argila expandida e 5cm de substrato. Para a determinação dos índices de EE e CO<sub>2</sub> do substrato, utiliza-se o seguinte traço referido por Ludwig (2014):

- 40% de terra;
- 25% de turfa;
- 20% de cinza de casca de arroz;
- 10% de casca de pinus com granulometria fina;
- 5% de vermiculita expandida;
- 1 kg de NPK 14-16-18 e 1 kg de superfosfato triplo para cada 1000 m<sup>3</sup> de substrato.

Ao considerar a diluição do NPK e o superfosfato triplo em 1000m<sup>3</sup> de substrato, contestou-se a tendência a 0 dos valores para os fins de cálculos de EE e CO<sub>2</sub>, sendo assim ambos foram vetados. Os demais valores referentes ao substrato são calculados no Quadro 6:

Quadro 6 – Determinação de EE e CO<sub>2</sub> relativo ao substrato (por Kg).

Componentes do substrato	Proporção %	EE material (MJ/kg)	EE (MJ/kg)	CO <sub>2</sub> material (kg)	CO <sub>2</sub> (kg)
Terra	40	0,45	0,18	0,023	0,0092
Turfa	25	0,45	0,1125	0,023	0,00575
Cinza de casca de arroz	20	8,5	1,7	0,46	0,092
Casca de pinus	10	8,5	0,85	0,46	0,046
Vermiculita	5	7,2	0,36	0,52	0,026
<b>Total</b>			<b>3,2025</b>		<b>0,17895</b>

Fonte: Adaptado de UHMANN (2016)

#### 4.2.1 descrição dos materiais do telhado verde do colégio córrego do milanez

Assim como para o telhado original, na determinação dos valores de EE e CO<sub>2</sub> do telhado verde também é preciso o cálculo das massas de todos os materiais envolvidos. Sendo assim, seguiu-se dois modelos de cálculo: a

multiplicação entre o volume, a densidade do material e a área quantificada e; a massa por m<sup>2</sup> da área multiplicada pela área total de execução, sendo considerado o rendimento unitário do material para uma área correspondente a 920,02m<sup>2</sup> de cobertura destinada à readequação por telhado verde extensivo (Quadro 7).

Quadro 7 – Determinação das massas dos materiais do telhado verde extensivo do Colégio Córrego do Milanez

Componentes do Telhado verde extensivo	Un	Rendimento por m <sup>2</sup> (conf. SAVI, 2012, SINAPI, 2020 e IOPEs, 2020)	Qtde	Densidade (Kg/m <sup>3</sup> )	Massa (kg)	Densidade (Kg/m <sup>3</sup> )	Massa (kg)
Impermeabilizante primer asfáltico	l	0,30	276,01			920	253,93
Manta asfáltica atendendo NBR 9952, asfalto polimerizado esp.3mm; larg.1m	m <sup>2</sup>	1,15	920,02	3,45	3.174,07		
Geotextil não tecido agulhado de filamentos contínuos 100% poliéster	m <sup>2</sup>		920,02	0,12	110,40		
Manta de retenção de nutrientes de não tecido reciclado - 100% poliéster	m <sup>2</sup>		920,02	0,6	552,01		
Argila expandida Tipo 3222	m <sup>3</sup>	0,03	27,60			450	12.420,27
Substrato	m <sup>3</sup>	0,05	46,00	80	73.601,60		

Fonte: O autor, 2020

#### 4.2.2 Cálculo dos valores de energia embutida ee e dióxido de carbono co2 para a cobertura verde

Os cálculos da EE e do CO<sub>2</sub> obedeceram às mesmas equações (1) e (2) anteriormente usadas para o telhado original, empregando índices desenvolvidos por Hammond e Jones (2008). Os Quadros 8 e 9 apresentam os índices de EE e CO<sub>2</sub>, respectivamente.

Quadro 8 – Determinação das massas dos materiais do telhado verde extensivo do Colégio Córrego do Milanez

Quantitativo EE Colégio Córrego do Milanez - Telhado verde extensivo	Massa (kg)	EEmaterial (MJ/kg)	EEtotal (MJ)	EEtotal (MJ/m <sup>2</sup> )
Impermeabilizante primer asfáltico	253,93	139,32	35.376,90	38,45
Manta asfáltica atendendo NBR 9952, asfalto polimerizado esp.3mm; larg.1m	3.174,07	76,70	243.451,09	264,62
Geotextil não tecido agulhado de filamentos contínuos 100% poliéster	110,40	76,70	8.467,86	9,20
Manta de retenção de nutrientes de não tecido reciclado - 100% poliéster esp.5mm	552,01	76,70	42.339,32	46,02
Argila expandida Tipo 3222	12.420,27	7,20	89.425,94	97,20
Substrato	73.601,60	3,20	235.525,12	256,00
<b>EEtotal</b>			<b>654.586,24</b>	<b>711,49</b>

Fonte: O autor, 2020

No quadro 9, considerando a implantação da edificação numa área total de 920,02m<sup>2</sup> e a Energia Embutida numa totalidade de 654,59GJ, tem-se o valor de 0,71GJ/m<sup>2</sup> de construção.

Quadro 9 – Determinação das massas dos materiais do telhado verde extensivo do Colégio Córrego do Milanez

Quantitativo CO2 Colégio Córrego do Milanez - Telhado verde extensivo	Massa (kg)	CO2 material (kg/kg)	CO2 total (kg)	CO2 total (kg/m <sup>2</sup> )
Impermeabilizante primer asfáltico	253,93	5,91	1.500,70	1,63
Manta asfáltica atendendo NBR 9952, asfalto polimerizado esp.3mm; larg.1m	4.370,10	1,60	6.992,15	7,60
Geotextil não tecido agulhado de filamentos contínuos 100% poliéster	110,40	1,60	176,64	0,19
Manta de retenção de nutrientes de não tecido reciclado - 100% poliéster esp.5mm	552,01	1,60	883,22	0,96
Argila expandida Tipo 3222	12.420,27	0,52	6.458,54	7,02
Substrato	73.601,60	0,18	13.174,69	14,32
<b>CO2total</b>			<b>29.185,94</b>	<b>31,72</b>

Fonte: O autor, 2020

No quadro 9, considerando a implantação da edificação numa área total de 920,02m<sup>2</sup> e a emissão de CO2 num total de 29.185,94kg, tem-se o valor de 31,72kg CO2/m<sup>2</sup> de construção.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A edificação do Colégio Córrego do Milanez foi analisada e comparada, resultando em dados que passaram por tabulação e deram origem a gráficos para propiciar uma análise mais precisa dos dados. Os valores de EE e emissões de CO2 foram calculados considerando o m<sup>2</sup> de área da edificação para auxiliar no comparativo.

Os dados descobertos de Energia Embutida EE e emissões de CO2 referentes ao telhado original e a readequação por telhados verdes extensivos do Colégio Córrego do Milanez são apresentados no Quadro 10.

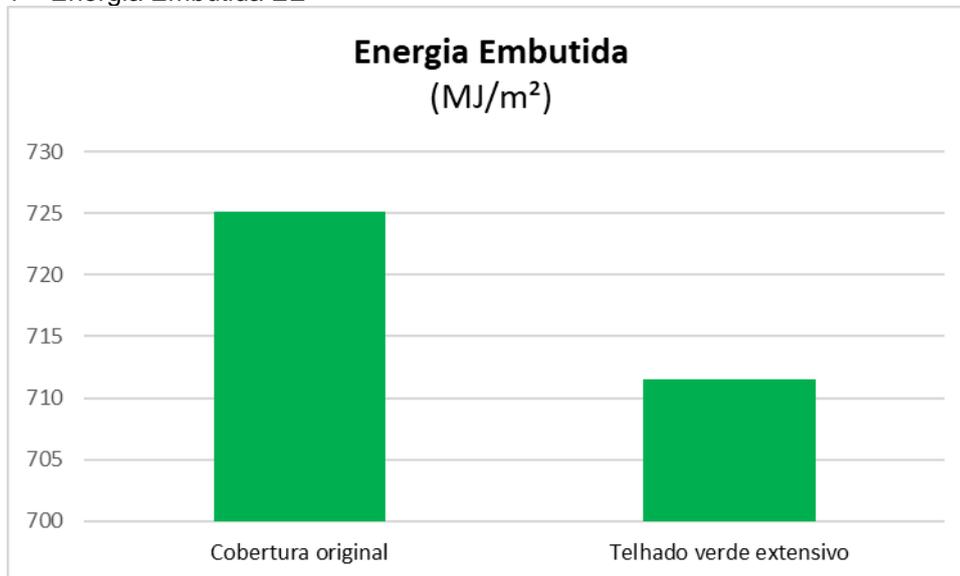
Quadro 10 – Colégio Córrego do Milanez: Energia Embutida EE e emissões de CO2

Comparativo: Cobertura original x Telhado verde extensivo	EE (MJ/m <sup>2</sup> )	CO2 (kg/m <sup>2</sup> )
Cobertura original	725,14	45,85
Telhado verde extensivo	711,49	31,72

Fonte: O autor, 2020

A quantidade de Energia Embutida é de 725,14MJ/m<sup>2</sup> para a cobertura original e 711,49MJ/m<sup>2</sup> para o telhado readequado com a técnica de telhado verde extensivo, retratando uma diferença de 13,65MJ/m<sup>2</sup>, o que evidencia uma redução de 1,88%, de acordo com o que é apresentado no Gráfico 1.

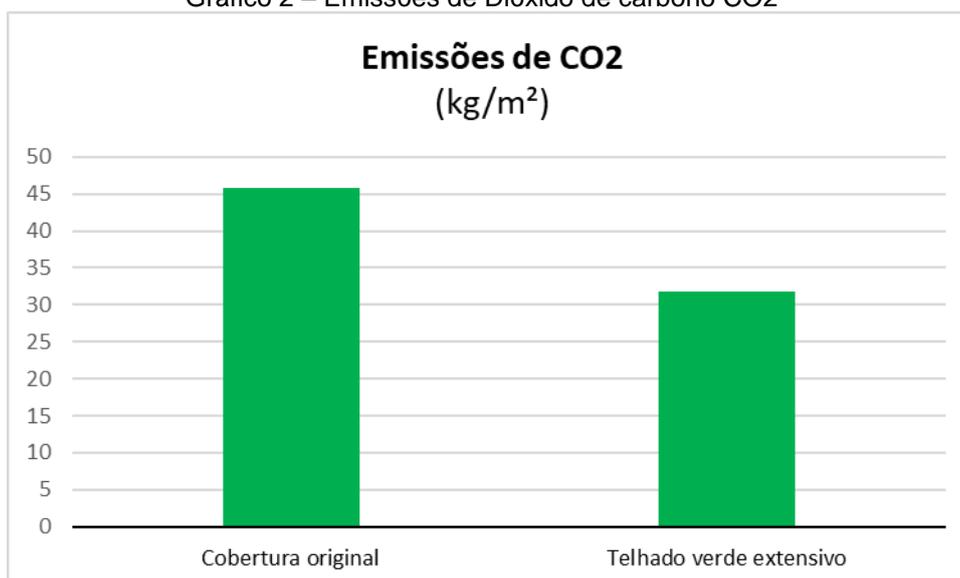
Gráfico 1 – Energia Embutida EE



Fonte: O autor, 2020

Os valores de emissões de CO<sub>2</sub> são de 45,85kg/m<sup>2</sup> para a cobertura original e 31,72kg/m<sup>2</sup> para o telhado readequado com a técnica de telhado verde extensivo, retratando uma diferença de 14,13kg/m<sup>2</sup>, o que evidencia uma redução de 30,82%, conforme apresenta o Gráfico 2.

Gráfico 2 – Emissões de Dióxido de carbono CO<sub>2</sub>



Fonte: O autor, 2020

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa tem a introdução voltada ao fato de se referenciar os avanços da arquitetura em edifícios escolares, abordando tipologias sustentáveis que elevam os conceitos essenciais para uma edificação de qualidade. Os critérios de sustentabilidade são então considerados na readequação de edificações escolares existentes, visto que não foram avaliados na sua concepção original.

Para isto, esta pesquisa confrontou a substituição da cobertura original da escola pública por telhados verdes extensivos, cuja composição de materiais reduz índices de emissão de CO<sub>2</sub> e gera menor energia embutida, analisando as contribuições provenientes da troca.

No que se refere à energia embutida EE, o colégio apresentou uma redução de 1,88% quando readequado pela cobertura verde do tipo extensiva. Já em relação às emissões de CO<sub>2</sub>, obteve uma redução de 30,82%.

Estes valores demonstram um ponto relevante quanto à edificação. A cobertura de telha cerâmica foi o item variante nos resultados devido ao seu alto peso estrutural. Já as telhas de fibrocimento compostas de amianto (substância nociva a saúde) que apresentam altos índices de EE e CO<sub>2</sub>, não alcançaram grandes valores devido ao baixo peso das peças e uma menor área de cobertura, causando um contraste nos resultados finais.

Apesar de tudo, o comparativo mostrou que a pequena variação em relação à energia embutida dos telhados não modificou o fato da edificação ser capaz de suportar o telhado verde extensivo, que apresentou peso equivalente à cobertura original composta por dois tipos distintos de telhado, mas com o diferencial de ser uma cobertura ecológica e sustentável.

Os resultados provenientes das comparações mostram a viabilidade na efetivação da readequação por telhados verdes extensivos, empregando-se

uma técnica direcionada à sustentabilidade. Esta, quando relacionada a ambientes escolares, incrementa na qualidade já implantada no espaço educacional pois indaga aos usuários a iniciativa de novos projetos com concepções e diretrizes ecológicas. O inserimento da sustentabilidade na educação da comunidade escolar incentiva as práticas de conservadorismo, respeito ao espaço de convívio e inserção à natureza.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTO, E. Z.; RECCHIA, F. M.; PENEDO, S. R. M.; PALETTA, F. C. **Estudo do telhado verde nas construções sustentáveis**. In: Proceedings of Safety, Health and Environment World Congress, XII, 2012, São Paulo. **Anais**, 2012. Disponível em: <<http://copec.eu/congresses/shewc2012/proc/works/037.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA – AsBEA. **Recomendação básicas para projetos de arquitetura**. São Paulo, 2007. Disponível em: <[http://www.cbcs.org.br/\\_5dotSystem/userFiles/comite-tematico/projetos/CBCS\\_CTProjeto\\_Recomendacoes%20Basicas%20GTS\\_Asbea\\_30mar2007.pdf](http://www.cbcs.org.br/_5dotSystem/userFiles/comite-tematico/projetos/CBCS_CTProjeto_Recomendacoes%20Basicas%20GTS_Asbea_30mar2007.pdf)>. Acesso em: 29 mai. 2020.

ASSOCIAÇÃO MINEIRA DE DEFESA DO AMBIENTE – AMDA. Escola do Rio de Janeiro é a primeira instituição de ensino totalmente sustentável da América Latina. **AMDA**, dez. 2013. Disponível em: <<https://www.amda.org.br/index.php/comunicacao/noticias/3391-escola-do-rio-de-janeiro-e-a-primeira-instituicao-de-ensino-totalmente-sustentavel-da-america-latina>>. Acesso em: 15 jun. 2020.

BLIDARU, V. Sistema de telhado verde para jardins de várias composições e inclinações. **AECweb**. Disponível em: <[https://www.aecweb.com.br/emp/cont/m/sistema-de-telhado-verde-para-jardins-de-varias-composicoes-e-inclinacoes\\_13567\\_14827](https://www.aecweb.com.br/emp/cont/m/sistema-de-telhado-verde-para-jardins-de-varias-composicoes-e-inclinacoes_13567_14827)>. Acesso em: 13 jun. 2020.

BRASIL. Manual Escolas Sustentáveis. Resolução/CD/FNDE nº 18, de 21 de maio de 2013. **Ministério da Educação**. Disponível em: <[http://pdeinterativo.mec.gov.br/escolasustentavel/manuais/Manual\\_Escolas\\_Sustentaveis\\_v%2005.07.2013.pdf](http://pdeinterativo.mec.gov.br/escolasustentavel/manuais/Manual_Escolas_Sustentaveis_v%2005.07.2013.pdf)>. Acesso em: 29 mai. 2020.

CABRAL, Lorena. O que são os gases do efeito estufa. **eCycle**. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/6037-gases-de-efeito-estufa.html#:~:text=Os%20gases%20de%20efeito%20estufa,halocarbonos%20e%20vapor%20d%20C3%A1gua.>>. Acesso em: 01 jun. 2020.

ECOD. Colégio público do Rio é certificado primeira escola sustentável da América Latina. **EcoD**, dez. 2013. Disponível em:<<http://www.ecodesenvolvimento.org/posts/2013/novembro/colegio-publico-do-rio-e-certificado-primeira?tag=educacao>>. Acesso em: 15 jun. 2020.

ECOTELHADO. Ecotelhado presente na primeira escola sustentável da América Latina. **Ecotelhado**, 2011. Disponível em:<<https://ecotelhado.com/sistema/colegio-erich-heine-rj/>>. Acesso em: 15 jun. 2020.

GEHARD, G. L.; BERGMANN, A. C. **O estudo de viabilidade de implantação de telhado verde, abordando diferentes estilos construtivos do telhado verde**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Paranaense, Campus De Toledo, 2018. 25 p. Disponível em:<<https://tcc.unipar.br/files/tccs/2eb75a971128ea62a9a080afbe06f3c3.pdf>>. Acesso em: 29 mai. 2020.

GLOBO. Emissões globais de CO2 crescem e atingem maior alta da história, diz estudo. **G1**, dez. 2018. Disponível em:<<https://g1.globo.com/natureza/noticia/2018/12/06/emissoes-globais-de-co2-crescem-e-atingem-maior-alta-da-historia-diz-estudo.ghtml>>. Acesso em: 03 jun. 2020.

HAMMOND, G; JONES C. **Inventory of carbon & energy (ICE)**. University of Bath. UK, 2008. Disponível em:<<https://greenbuildingencyclopaedia.uk/wp-content/uploads/2014/07/Full-BSRIA-ICE-guide.pdf>>. Acesso em: 16 de jun. 2020.

HENEINE, M. C. A. S. **Cobertura Verde**. Monografia (Especialização em Tecnologia e produtividade das construções) – Curso de Especialização em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. 49 p. Disponível em:<[https://docplayer.com.br/5312025-Monografia-cobertura-verde-autor-maria-cristina-almeida-de-souza-heneine-orientadores-professor-firmino-siqueira-professor-dalmo-mendes-figueiredo.html#download\\_tab\\_content](https://docplayer.com.br/5312025-Monografia-cobertura-verde-autor-maria-cristina-almeida-de-souza-heneine-orientadores-professor-firmino-siqueira-professor-dalmo-mendes-figueiredo.html#download_tab_content)>. Acesso em: 12 jun. 2020.

INSTITUTO DE OBRAS PÚBLICAS DO ESPÍRITO SANTO. **IOPES**. Referencial de Preços. 2020. Disponível em:<<https://iopes.es.gov.br/referencial-preco-1>>. Acesso em: 17 jun. 2020.

Integra Projetos e Construções. Telhado Verde. **Facebook**, 2014. Disponível em:<<https://www.facebook.com/integra.construcoes/photos/a.444064478984360/735038486553623/?type=3&theater>>. Acesso em: 12 jun. 2020.

INTERNACIONAL GREEN ROOF ASSOCIATION – **IGRA**, 2011. Disponível em <[http://www.igra-world.com/types\\_of\\_green\\_roofs/index.php](http://www.igra-world.com/types_of_green_roofs/index.php)> Acesso em: 12 jun. 2020.

JOBIM, A. L. **Diferentes tipos de telhados verdes no controle quantitativo da água pluvial**. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS, 2013. 76 p. Disponível em:<<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7842/JOBIM,%20ALAN%20L%20AMBERTI.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 13 jun. 2020.

KOWALTOWSKI, D.C.C.K. **Arquitetura escolar – o projeto do ambiente de ensino**. Ed. 1. São Paulo: Oficina de textos, 2011.

LUDWIG, F.; GUERRERO, A. C.; FERNANDES, D. M. Caracterização física e química de substratos formulados com casca de pinus e terra de subsolo. **Cultivando o Saber**, v. 7, n. 2, p. 152-162, 2014. Disponível em:<[https://www.fag.edu.br/upload/revista/cultivando\\_o\\_saber/54eb1bc553f98.pdf](https://www.fag.edu.br/upload/revista/cultivando_o_saber/54eb1bc553f98.pdf)>. Acesso em: 15 out. 2020.

MARCOS, M. H. C. **Método de obtenção de dados de impactos ambientais, durante o processo de desenvolvimento do projeto, através do uso de ferramenta BIM**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015. 144 p. Disponível em:<<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-15072015-124819/publico/MICHELINEHELENCOTMARCOS.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2020.

MARTINS, Bruno. A sustentabilidade na construção civil. **Jornal do Comércio**, Porto Alegre, 06 jun. 2012. Disponível em: <<https://www.jornaldocomercio.com/site/noticia.php?codn=95276>>. Acesso em: 29 mai. 2020.

PENDIUK, F.; MOISÉS, C.; PEREIRA, M. P. Telhado verde: a evolução da tecnologia e suas funcionalidades. **Revista eletrônica dos Cursos de Engenharia**, v. 1, n. 3, p. 19-37, 2017. Disponível em: <<http://www.opet.com.br/faculdade/revista-engenharias/pdf/n3/Artigo3-n3-Fabio-Pein.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2020.

PROGRAMA ESTADUAL DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Gases do Efeito Estufa e Fontes de Emissão. **PROCLIMA**, 2020. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/proclima/gases-do-efeito-estufa/>>. Acesso em: 03 jun. 2020.

RODRIGUES, G.; CASTRO, W. S.; FERNANDES, A. L. V.; PARANAIBA, N. S. C. T.; JUNIOR, C. R. F.; MICHELAN, N. Sustentabilidade na construção civil: benefícios ambientais e econômicos. **Revista Conexão Eletrônica**, v. 14, n. 1, p. 2087-2097, 2017.

SAVI, A.C.; TAVARES, S.F. **Telhados verdes: Análise comparativa de custo e peso com sistemas tradicionais de cobertura**. ENCAC, ELACAC. Brasília. 2013.

SAVI, A. C. **Telhados Verdes: análise comparativa de custo com sistemas tradicionais de cobertura**. Monografia (Especialização em Construções Sustentáveis) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012. 128p. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/6170881/telhados-verdes-analise-comparativa-de-custo-com-sistemas-tradicionais-de-cobert>>. Acesso em: 14 out. 2020.

SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL. **SINAPI**. Referências de preços e custos. 2020. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/referencias-precos-insumos/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 17 jun. 2020.

TASSI, R.; TASSINARI, L. C. S.; PICCILLI, D. G. A.; PERSCH, C. G. Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais. **Ambiente Construído, Porto Alegre**, v. 14, n. 1, p. 139-154, jan./mar. 2014. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/ac/v14n1/v14n1a12.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2020.

TEODORO, M. I. T. M. **Energia embutida na construção de edificações no Brasil: contribuições para o desenvolvimento de políticas públicas a partir de um estudo de caso em Mato Grosso do Sul**. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Energia do Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017. 234 p. Disponível em: <[https://teses.usp.br/teses/disponiveis/106/106131/tde-01022018-151533/publico/Tese\\_Versao\\_Corrigida\\_Maria\\_Ines\\_Teodoro.pdf](https://teses.usp.br/teses/disponiveis/106/106131/tde-01022018-151533/publico/Tese_Versao_Corrigida_Maria_Ines_Teodoro.pdf)>. Acesso em: 30 mai. 2020.

TOLEDO, A. L. L. **Emissões de gases de efeito estufa da mobilidade urbana: o caso de natal.** Tese (Doutorado em Ciências em Planejamento Energético) – Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019. 148 p. Disponível em:<[http://www.ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%B5es/doutorado/Andr%C3%A9\\_Toledo.\\_DOUTORADO-2019.pdf](http://www.ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%B5es/doutorado/Andr%C3%A9_Toledo._DOUTORADO-2019.pdf)>. Acesso em: 03 jun. 2020.

TORGAL, F. P.; JALALI, S. **A Sustentabilidade dos Materiais de Construção.** Ed. 2. Portugal: TecMinho, 2010. 462p. Disponível em:<[http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/28852/3/Livro\\_2a\\_edicao.pdf](http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/28852/3/Livro_2a_edicao.pdf)>. Acesso em: 30 mai. 2020.

UHMANN, I. M. S. **Readequação de coberturas através da técnica de telhados verdes: estudo de caso nas escolas públicas do estado do Paraná.** Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016. 134 p. Disponível em:<<https://www.prppg.ufpr.br/siga/visitante/trabalhoConclusaoWS?idpessoal=11915&idprograma=40001016049P2&anobase=2015&idtc=1>>. Acesso em: 30 mai. 2020.

## **Mundo Tecnológico**

### **Apresentação**

A revista Mundo Tecnológico publica trabalhos técnicos culturais, científicos e/ou acadêmicos, nas áreas ligadas aos cursos oferecidos de graduação, desde que atenda aos objetivos da Instituição. Admite-se, de preferência, autor pertencente à Faculdade, sem limitar, contudo, as contribuições e intercâmbios externos, julgados pelo Conselho Editorial, de valor para a Revista e, sobretudo, para a sociedade brasileira.

### **Normas de Publicação**

Os originais entregues para publicação deverão ser assinados pelo autor e seguir as seguintes normas:

#### **1 Texto**

- 1.1 Os trabalhos devem ser inéditos e submetidos ao Conselho Editorial, para a avaliação e revista de pelo menos, dois de seus membros, cabendo-lhe o direito de publicá-lo ou não;
- 1.2 O texto deve ser apresentado em formato A4 (210x297mm);
- 1.3 Os trabalhos e artigos não devem ultrapassar o total de vinte laudas, em espaçamento normal; resumos de dissertação e monografia, duas laudas e resenhas e/ou relatos, não devem ultrapassar quatro laudas;
- 1.4 O texto deve ser entregue em CD e impresso, sendo composto no editor de texto Word for Windows, com fonte Time New Roman 12;
- 1.5 O trabalho deve apresentar obrigatoriamente:
  - Título;
  - Nome(s) do(s) autor(es)
  - Breve currículo do(s) autor(es), enfocando as atividades mais condizentes com o tema trabalhado;
  - Introdução;
  - Corpo do trabalho;
  - Resultado e/ou conclusões;
  - Referências bibliográficas.

#### **2 Referências Bibliográficas**

As referências bibliográficas deverão ser listadas imediatamente após texto, em ordem alfabética, obedecendo Normas Técnicas.

#### **3 Citações**

Qualquer citação no texto deverá ter obrigatoriamente identificação completa da fonte, acrescida da (s) página (s) de onde foi retirada a citação.

#### **Pede-se aos autores**

- Seguir rigorosamente o Manual de Normas Técnicas da Multivix, que se encontra a disposição de todos na Biblioteca e na intranet do site da Instituição;
- Linguagem condizente como produção científica, evitando abreviações, jargões e neologismos desnecessários;
- Objetividade quanto à construção do título do artigo;
- Apresentação do significado de cada sigla que conta do texto na primeira vez em que ocorre.

### **Considerações Finais**

Os artigos são de inteira responsabilidade de seus autores e o Conselho de Editoração não se responsabilizará pelas opiniões expressadas nos artigos assinados.